

Tesis de Posgrado

La circulación en la tropósfera asociada con irrupciones de aire frío en el centro de Argentina

Escobar, Gustavo Carlos Juan

2001

Tesis presentada para obtener el grado de Doctor en Ciencias de la Atmósfera de la Universidad de Buenos Aires

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en digital.bl.fcen.uba.ar. Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in digital.bl.fcen.uba.ar. It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

Cita tipo APA:

Escobar, Gustavo Carlos Juan. (2001). La circulación en la tropósfera asociada con irrupciones de aire frío en el centro de Argentina. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_3418_Escobar.pdf

Cita tipo Chicago:

Escobar, Gustavo Carlos Juan. "La circulación en la tropósfera asociada con irrupciones de aire frío en el centro de Argentina". Tesis de Doctor. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 2001.
http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_3418_Escobar.pdf

EXACTAS UBA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



UBA

Universidad de Buenos Aires

Universidad de Buenos Aires

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos

**LA CIRCULACION EN LA TROPOSFERA ASOCIADA
CON IRRUPCIONES DE AIRE FRIO EN EL CENTRO
DE ARGENTINA**

Gustavo Carlos Juan Escobar

Licenciado en Ciencias Meteorológicas

Trabajo de Tesis presentado para optar por el título de

Doctor en Ciencias de la Atmósfera

Director de Tesis: Susana A. Bischoff

2001

2001

A MI HIJO, MARTIN,

A MI ESPOSA, MARCELA,

A MI PADRE, JOSE

A LA MEMORIA DE MI MADRE, CLARA

A LA MEMORIA DE MI ABUELA, AIDA

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	i
-------------------	---

CAPITULO 1

<i>CARACTERIZACIÓN REGIONAL Y TEMPORAL DE LA TEMPERATURA MEDIA DIARIA Y SU VARIACIÓN INTERDIURNA. IDENTIFICACION DE PROCESOS DE ESCALA SINOPTICA Y SU VARIACION INTERANUAL.....</i>	<i>1</i>
1.1. INFORMACION UTILIZADA.....	2
1.2. TEMPERATURA MEDIA DIARIA.....	4
1.3. VARIACIÓN INTERDIURNA DE LA TEMPERATURA MEDIA DIARIA.....	8
1.4. DESCENSOS INTERDIURNOS DE TEMPERATURA MEDIA DIARIA.....	16
1.5. SECUENCIAS DE ASCENSOS Y DESCENSOS INTERDIURNOS.....	27
1.5.1. ASCENSOS.....	28
1.5.2. DESCENSOS.....	30
1.6. ANÁLISIS ESPECTRAL DE LAS SERIES DE VARIACIÓN INTERDIURNA DE LA TEMPERATURA MEDIA DIARIA – INVIERNO.....	36
1.6.1. VARIABILIDAD INTERANUAL DE LOS PROCESOS DE ESCALA SINOPTICA	44
1.7. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO 1.....	52

CAPITULO 2

DEFINICIÓN Y ESTUDIO DE LOS DESCENSOS INTENSOS

<i>SIGNIFICATIVOS DE TEMPERATURA MEDIA DIARIA.....</i>	<i>57</i>
2.1. DESCENSOS INTENSOS DE TEMPERATURA (DIT).....	57
2.2. VERIFICACIÓN DEL CRITERIO DE DETECCIÓN DE DESCENSOS INTENSOS SIGNIFICATIVOS DE TEMPERATURA EN LA CIUDAD DE BUENOS AIRES.....	68
2.3. SECUENCIAS DE DESCENSOS INTERDIURNOS DE TEMPERATURA A PARTIR DE CAMBIOS INTENSOS.....	71
2.4. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO 2.....	75

CAPITULO 3

SECUENCIAS DE PATRONES DE CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA ASOCIADOS

A DESCENSOS INTENSOS SIGNIFICATIVOS DE TEMPERATURA EN

LA REGIÓN CENTRAL DE ARGENTINA.....

3.1. ALTURA GEOPOTENCIAL DE 1000 HPA.....	84
3.2. ALTURA GEOPOTENCIAL DE 500 HPA.....	95
3.3. RELACIÓN ENTRE LOS CAMPOS DE CIRCULACIÓN DE ALTURA Y SUPERFICIE.....	101
3.3.1. VARIABILIDAD INTERANUAL DE LOS MODELOS DE CIRCULACION ASOCIADOS A DESCENSOS INTENSOS SIGNIFICATIVOS DE TEMPERATURA MEDIA DIARIA (DIST).....	108

3.4. EL CONSUMO DIARIO DE GAS NATURAL DE TIPO RESIDENCIAL Y SU RELACION CON LAS IRRUPCIONES DE AIRE FRIO EN LA CIUDAD DE BUENOS AIRES.....	110
3.4.1. CRITERIO DE DETECCION DE DIAS CON FUERTE AUMENTO EN LA DEMANDA DE GAS NATURAL DE TIPO RESIDENCIAL.....	110
3.4.2. CLASIFICACIÓN DE LOS CAMPOS DE ALTURA GEOPOTENCIAL DE 1000 HPA.....	112
3.5. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO 3.....	115
CONCLUSIONES.....	119
REFERENCIAS.....	125

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Buenos Aires, que a través de las becas de investigación otorgadas permitió que alcanzará este objetivo.

Al Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, que me facilitó la infraestructura necesaria para llevar a cabo la tarea de investigación.

A la Dra. Susana A. Bischoff, por su permanente confianza depositada en mí desde el comienzo de la investigación.

A la Dra. Rosa H. Compagnucci, por todo sus aportes en el tema del Análisis por Componentes Principales y sus sugerencias en la investigación realizada.

A mis amigos y compañeros del Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, especialmente a Rubén Bejarán, que me brindó su apoyo en los momentos difíciles de mi vida.

A José Ares, que a través del Servicio Meteorológico Nacional colaboró en el suministro de gran parte de la información utilizada en esta Tesis.

Y a mi familia que me alentó y apoyó en todo momento.

RESUMEN

El objetivo de esta Tesis es definir un criterio para detectar irrupciones de aire frío en la región central de Argentina determinada por los paralelos 25°S y 45°S, y encontrar los principales modelos de circulación en la troposfera sobre el cono sur de Sudamérica asociados con estos eventos durante los meses de Mayo a Septiembre.

En primer lugar, utilizando distintos parámetros estadísticos, se realizó una caracterización regional y temporal de la temperatura media diaria, de su variación interdiurna y particularmente de los descensos interdiurnos en la región de estudio.

A continuación se analizaron en detalle los descensos intensos de temperatura y en función de los resultados obtenidos se definió un criterio de detección irrupciones de aire frío. Este criterio se definió en base a la variabilidad regional de la temperatura media diaria, y de las características térmicas antes y después del descenso interdiurno intenso. En la mayoría de los casos, las irrupciones de aire frío estaban asociadas con el pasaje de frentes fríos moderados o intensos sobre la región de estudio.

Una vez definido este criterio, se procedió a realizar una clasificación sinóptica de secuencias diarias de campos de circulación asociados con irrupciones de aire frío en la región central de Argentina mediante el método de componentes principales. El objetivo planteado en esta oportunidad fue aumentar el valor predictivo de estas situaciones especiales que tienen importantes impactos sociales y económicos en la región.

La información utilizada en esta Tesis consistió en datos diarios de temperaturas mínimas y máximas correspondientes al período 1967 – 1996 (SMN) y datos diarios de altura geopotencial de 1000 hPa y 500 hPa provistos por el Centro Europeo de Pronóstico de Mediano Plazo (período 1979 / 1993).

Los resultados obtenidos mostraron que los descensos intensos de temperatura son más importantes en la región Centro Norte y Litoral Fluvial Argentino y que los procesos de escala sinóptica, reflejados principalmente por el pasaje de frentes fríos, presentaron una marcada periodicidad al sur del paralelo 35°.

Las irrupciones de aire frío mostraron un mínimo de frecuencia porcentual durante Mayo en el Centro Oeste de la Provincia de Buenos Aires y Centro Oeste del país. Luego este mínimo se desplaza hacia el Litoral Fluvial Argentino en Junio y Julio y finalmente retrocede en Septiembre a una posición similar a la que ocupaba en Mayo. Una explicación posible de este comportamiento es la variación mensual de la posición media de la corriente en chorro polar en relación con el desplazamiento hacia el norte de las irrupciones de aire frío.

La clasificación sinóptica de las secuencias diarias de campos de circulación en la troposfera asociada con irrupciones de aire frío en la región central de Argentina mostró tres modelos patrones característicos. Dos de ellos corresponden a vaguadas de ondas largas en niveles altos que afectan el continente. Uno con el anticiclón de superficie moviéndose sobre latitudes medias, y el otro con un anticiclón en superficie afectando latitudes más bajas sobre el continente. Por último, se obtuvo el patrón más clásico de circulación asociado con irrupciones de aire frío en la región central de Argentina. Este modelo presentó una importante cuña en el Océano Pacífico al Oeste de la costa continental que provoca movimientos de descensos sobre el centro de Argentina y que se haya acompañado por un anticiclón postfrontal en niveles bajos que advecta aire frío desde el Sur.

ABSTRACT

The objective of this Thesis is to define a criterion to detect cold surges over central Argentina determined by parallels 25°S and 45°S, and to find the main models of circulation in the troposphere over the South cone of South America associated with these events during the months of May to September.

At first, a regional and temporally characterisation of the daily mean temperature, the mean daily temperature differences and particularly of the interdiurnal descents in the study region were made by means of different statistical parameters.

Then the intense descents of temperature were analysed in detail and based on the obtained results it was defined a detection criterion related to cold air surges. This criterion was defined on the basis of the regional variability of the daily mean temperature, and the thermal characteristics before and after of the intense descent. In most of the cases, the cold surges were associated with the passage of moderate or intense cold fronts over the analysed region.

Once defined this criterion, it was come to make a synoptic classification of daily sequences of circulation fields associated with cold surges in the central of Argentina by means of Principal Components Analysis. The objective purposed in this opportunity was to increase the value predictive of these special situations that have important social and economic impacts in the region.

The information used in this Thesis consisted of daily data of minimum and maximum temperatures corresponding to the period 1967 - 1996 (SMN) and daily geopotential heights at 1000 and 500 hPa based on 15 years (1979-1993) provided by the European Centre for Medium Range Weather (ECWMF).

The results showed that the intense descents of temperature are more important in the Centre North region and in the Littoral Fluvial of Argentina and the processes of synoptic scale, reflected mainly by the passage of cold fronts, presented a major periodicity to the south of the parallel 35°.

The cold surges showed a minimum of percentage frequency during May in the Centre West of Buenos Aires Province and in the Centre West of the country. Then the minimum moves towards the Argentine Littoral in June and Julio and finally backs down in September to a similar position to which occupied in May. A possible explanation of this behaviour is the monthly variation of the mean position of the polar jet stream in relation to the displacement towards the north of the cold surges.

The synoptic classification of the daily sequences of circulation fields in the troposphere associated with cold surges in the central Argentina showed three basic patterns of sequences. Two of them correspond to long wave troughs in high levels that affect the continent. One of them shows the surface anticyclone moving over middle latitudes and the other with an anticyclone in surface affecting lower latitudes over the continent. Finally, it was obtained the most classic pattern of circulation associated with cold surges over central Argentina. This model presented an important wedge in the Pacific Ocean to the West of the continental coast that produces subsidence over the centre of country and that has been accompanied by a postfrontal anticyclone in low levels that advects cold air from the South.

INTRODUCCIÓN

Dado que el clima en una región es el resultado de la interacción entre sistemas de diferentes escalas, temporales y espaciales, resulta casi imposible especificar su variabilidad en términos determinísticos. Para ello, la Climatología Sinóptica de los distintos sistemas que afectan la región juega un rol importante a la hora de mejorar el diagnóstico y eventualmente el pronóstico de los mismos, ya que sintetiza la conexión entre los datos climatológicos y las características de su movimiento.

En la actualidad se dispone de numerosos métodos objetivos en el área de la climatología sinóptica que son empleados para caracterizar y cuantificar variaciones climáticas, y para clasificar patrones de circulación asociados con diferentes fenómenos de superficie (Lund, 1963; Blasing, 1975; Yarnal, 1984 a, b; Kalkstein and Corrigan, 1986).

Compagnucci y Vargas (1986) estudiaron la relación entre los campos diarios de presión en superficie en el Cono sur de Sudamérica y la fluctuación de la precipitación de Julio en los Andes Centrales. La metodología empleada consistió en la identificación de los campos de circulación mediante el uso del análisis por componentes principales.

Reap (1993) estudió la relación entre la distribución temporal y espacial de la actividad eléctrica en Florida y los regímenes específicos de vientos en niveles bajos de la atmósfera. Los diferentes regímenes de vientos fueron identificados a través de la técnica de la correlación lineal que fue usada para obtener mapas sinópticos pronosticados. La finalidad de dicho estudio fue mejorar el pronóstico estadístico de tormentas eléctricas en la península de Florida.

McKendry (1993) estudió la relación entre la circulación de escala sinóptica y las concentraciones de Ozono en Vancouver, Canadá. Para llevar a cabo dicho objetivo empleó la técnica de Kirchhofer en datos diarios de campos de presión en superficie y altura de 500 hPa para la región del Noroeste del Océano Pacífico.

Garreaud (1994) identificó los patrones atmosféricos de escala sinóptica y regional asociados a las mayores tormentas invernales en Chile central, aplicando el análisis por componentes principales a los campos de altura geopotencial de 500 hPa.

Escobar et al (1996) determinaron las situaciones sinópticas favorables a la ocurrencia de heladas tardías en Neuquén (Argentina) mediante los métodos de Lund y componentes principales.

Salles y Compagnucci (1997) analizaron las características de la circulación en superficie durante Diciembre de 1971 y Febrero de 1974 en relación con las anomalías de presión, temperatura y precipitación. A través del análisis por componentes principales de los campos diarios de presión obtuvieron una síntesis de los principales modos de variación de la atmósfera en superficie y su relación con los impactos producidos por el fenómeno ENOS 1972/1973.

Kiddson (1999) realizó una clasificación sinóptica para la región de Nueva Zelanda utilizando 40 años de información proveniente de los Reanálisis del NCEP/NCAR. La metodología empleada fue el análisis de Cluster y le permitió al autor determinar tres regímenes de tiempo diferentes que caracterizan el clima de la región.

A partir del análisis diario de los patrones de circulación regional se pueden distinguir, entre otras cosas, los períodos marcados por una inusual persistencia de condiciones altamente anómalas (Dole y Gordon ,1983; Dole,1986; Dole, 1989; Dole y Black, 1989). Uno de los ejemplos más frecuentemente citados son las situaciones de bloqueo (Elliot and Smith, 1949; Trenberth and Mo, 1985; Mo et al, 1987; Berbery y Nuñez, 1987; Berbery y Nogués, 1989), definidas generalmente por ciertos patrones de circulación atmosférica anómalos que persisten por períodos mayores a aquellos que están asociados con escalas de tiempo típicamente sinóptica. Episodios de estas características tienen una gran influencia sobre el tiempo de una

región, y en particular sobre Sudamérica se pueden encontrar los trabajos que se refieren a continuación.

Grandoso y Nuñez (1955) estudiaron una situación de bloqueo en el hemisferio Sur, que duró prácticamente diez días y se produjeron, durante ese período, 4 ciclogénesis entre los 35°S y 45°S.

Malaka y Nuñez (1980) analizaron la sequía que afectó casi el 80 % del país durante el año 1962. Los resultados más relevantes mostraron la persistencia de un bloqueo en el Atlántico Sur, al sur del paralelo 55°S, la ausencia de aire cálido y húmedo sobre el centro y norte del país, y la intensificación del anticiclón subtropical semipermanente del Pacífico, al oeste de Chile.

Rutlant y Fuenzalida (1987) estudiaron un episodio de contaminación atmosférica en Santiago de Chile, que estuvo asociado con un bloqueo en el cono sur de Sudamérica ocurrido durante la primer quincena de Junio de 1985.

Berbery y Alfaro Lozano (1991) analizaron el comportamiento regional de anomalías de altura geopotencial persistentes en los Océanos Atlántico y Pacífico Sur. Encontraron que la persistencia de anomalías positivas en el Pacífico Sur estaban asociadas con anomalías negativas de temperaturas mínimas en la Patagonia, en tanto que la persistencia de anomalías positivas de altura en el Atlántico se correspondían con anomalías positivas de temperaturas mínimas en la Patagonia.

Alessandro y Lichtenstein (1995) analizaron la sequía ocurrida durante el invierno de 1995 en el centro y este de la Argentina. La circulación atmosférica durante este período, estuvo caracterizada por una intensa anomalía ciclónica en el Océano Atlántico Sur y otra anticiclónica en el Océano Pacífico Sur. De esta forma, la combinación de ambos sistemas contribuyó a una mayor subsidencia sobre el centro de Argentina, siendo esta la causa principal de la sequía observada.

Como un aspecto parcial de la influencia de las anomalías de los campos de circulación sobre el cono sur de Sudamérica, se puede recordar que durante el invierno, la región central de la Argentina se ve afectada por descensos intensos significativos de temperatura como resultado del frecuente pasaje de frentes fríos que normalmente ingresan en esta región. Muchas veces el aire frío asociado suele persistir por varios días consecutivos generando en consecuencia las llamadas olas de frío. En otros casos se observa que la masa de aire frío es remplazada rápidamente por una más templada provocando características de tiempo más cambiante.

En uno u otro caso, ya sea bajo el efecto de olas de frío (Scian, 1970; Rusticucci y Vargas, 1995; Cerne y Rusticucci, 1996) o bajo la influencia de períodos de tiempo con recurrentes cambios de temperatura (Escobar et al, 1998), se producen variados impactos en la sociedad como así también en el sector productivo del país. Por ejemplo, bajos estas circunstancias, durante el invierno el sector energético del país se resiente debido al correspondiente aumento desmedido de la demanda de gas natural (Escobar y Bischoff, 1999; Bertolotti, et al, 2001).

Dado que los descensos intensos de temperatura están en estrecha relación con la variabilidad de los sistemas sinópticos que afectan la región central del país, es que el objetivo de esta Tesis apunta a estudiar estadísticamente el comportamiento regional de los descensos interdiurnos de temperatura media diaria en el período de Mayo a Septiembre y su conexión con los campos diarios de circulación. La elección del período de Mayo a Septiembre como estación invernal, se basa en que las primeras entradas importantes de aire frío sobre el centro del país, empiezan aproximadamente en la primera década del mes de Mayo (Schwerdtfeger, 1952) y continúan hasta fines de Septiembre. Además, durante este período los descensos intensos de temperatura provocan grandes impactos en la sociedad, como por ejemplo los aumentos desmedidos en la demanda de consumo de gas natural de tipo residencial.

La finalidad ulterior que persigue esta Tesis es contribuir al mejoramiento del pronóstico de irrupciones de aire frío en la región central de Argentina con el fin mitigar algunos de los impactos de estos eventos sobre la sociedad.

Para ello, en el **primer capítulo** que tiene como objetivo caracterizar regional y temporalmente la temperatura media diaria y su variación interdiurna, se realiza un análisis estadístico de dichas variables y particularmente los descensos interdiurnos de la temperatura media diaria en estaciones meteorológicas que comprenden principalmente la región central del país. A partir de aquí se realiza el análisis para el período completo (Mayo a Septiembre) y la variabilidad intraestacional. De esta manera se caracteriza regionalmente el comportamiento espacial de estas tres variables y se las relaciona con las propiedades físicas y meteorológicas de la región.

Además, se realiza un estudio de las secuencias de ascensos y descensos interdiurnos de temperatura media diaria en toda la región de estudio. El objetivo que se persigue en esta etapa es comparar la longitud e intensidad de las secuencias de los ascensos y los descensos como así también determinar, en uno y otro caso, subregiones que responden a comportamientos diferentes. Es así como se puede determinar, entre otras cosas, que la región del litoral fluvial argentino muestra los mayores porcentajes en las secuencias más largas de ascensos, como ser las de 4 y 5 días.

Por último, se concluye este capítulo realizando un análisis espectral de la serie de variación interdiurna de temperatura media diaria a fin de obtener información relativa a los períodos de longitud de onda más relevantes y profundizar el comportamiento regional de dicha variable. Además, a través de esta técnica se analiza la variabilidad interanual de la variación interdiurna de temperatura en todas las estaciones consideradas en esta tesis. Con esto, lo que se persigue como objetivo, es estudiar principalmente el comportamiento interanual de las fluctuaciones de escala sinóptica a lo largo de los 30 años considerados.

A partir de los resultados obtenidos acerca del comportamiento de los descensos interdiurnos de temperatura media diaria, en el **segundo capítulo** se plantea como objetivo principal la definición de un criterio para identificar los **Descensos Intensos Significativos de Temperatura (DIST)**. Este criterio tiene en cuenta las condiciones previas y posteriores del descenso intenso de temperatura a fin de que se encuentre relacionado, en la mayoría de los casos, con el pasaje de un frente frío moderado o intenso.

El criterio de detección de descensos intensos significativos de temperatura es aplicable a todas las estaciones meteorológicas empleadas en esta Tesis.

En el **capítulo tres** se realiza una clasificación sinóptica de secuencias de campos de circulación de superficie y altura asociados a descensos intensos significativos de temperatura en la región central de Argentina. La selección de casos relacionados a estos eventos se hizo mediante el criterio definido en el capítulo anterior, y la tipificación obtenida fue realizada aplicando el análisis por componentes principales. De esta forma se encontraron los principales modos de variación de secuencias de campos de circulación atmosférica en superficie y altura que dan lugar a descensos intensos significativos de temperatura en una estación de referencia del centro del país.

Luego, se muestra un ejemplo de aplicación de la metodología empleada en éste capítulo a un problema concreto. Mediante información correspondiente a la demanda del consumo de gas natural de tipo residencial en la Ciudad de Buenos Aires se obtiene los patrones de circulación en superficie asociados con grandes incrementos en la demanda del fluido gaseoso.

En cada uno de los capítulos tratados se detallan las conclusiones de los mismos con el propósito de obtener una mejor comprensión de los resultados obtenidos.

CAPITULO 1

CARACTERIZACIÓN REGIONAL Y TEMPORAL DE LA TEMPERATURA MEDIA DIARIA Y SU VARIACIÓN INTERDIURNA. IDENTIFICACION DE PROCESOS DE ESCALA SINOPTICA Y SU VARIACION INTERANUAL.

En este capítulo se realiza un estudio estadístico básico de la temperatura media diaria y su variación interdiurna.

En base a los principales parámetros estadísticos se realiza una caracterización espacial y temporal de ambas variables, particularizando en los descensos interdiurnos de temperatura media diaria.

Además, se analiza los periodos de onda dominantes en cada estación meteorológica considerada, mediante la aplicación del análisis espectral, permitiendo complementar los resultados obtenidos anteriormente.

Por último, mediante esta técnica se realiza un análisis interanual de las fluctuaciones sinópticas y se realiza una descripción regional de las mismas.

1.1. INFORMACIÓN UTILIZADA.

Se utiliza una base de datos de 18 estaciones meteorológicas que comprende los meses de Mayo a Septiembre y el período de tiempo empleado es de 30 años, empezando en 1967 y finalizando en 1996.

Las variables utilizadas son la temperatura mínima, máxima y la temperatura media diaria. Esta última fue calculada como el promedio entre la mínima y la máxima.

La información fue suministrada por el Servicio Meteorológico Nacional.

Cada serie de datos contiene 5491 valores, obteniéndose un porcentaje de información faltante que varió entre un 2% y 10% sobre el total de datos para todas las estaciones empleadas.

En la **Figura 1** se muestra la distribución espacial de las estaciones meteorológicas y la **Tabla 1** presenta las siglas que las identifica en latitud y longitud.

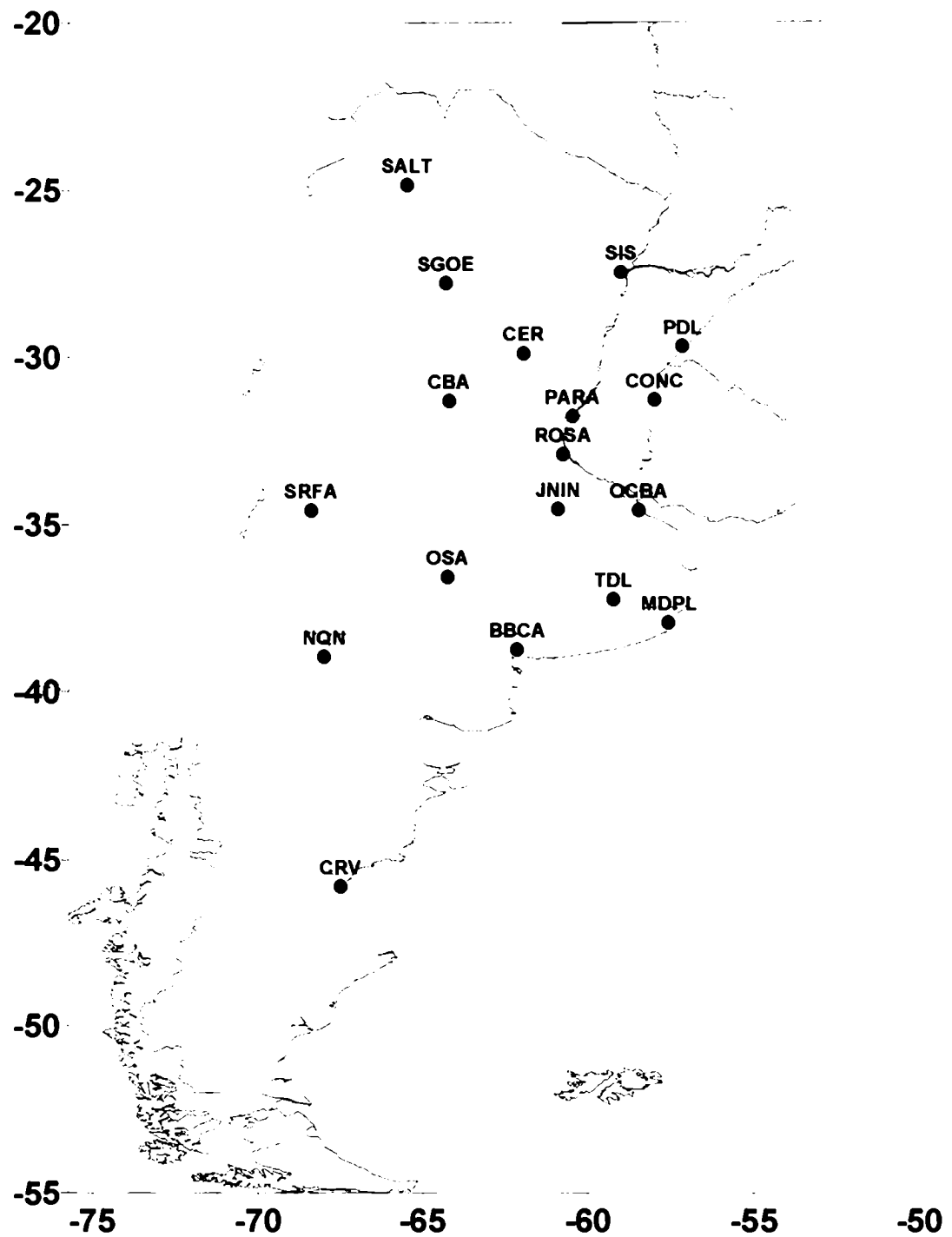


Figura 1.1: Distribución geográfica de las estaciones meteorológicas utilizadas.

ESTACIÓN	LAT (°S)	LONG (°W)
COMODORO RIVADAVIA (CRV)	-45.80	-67.50
NEUQUÉN (NQN)	-38.95	-68.00
BAHÍA BLANCA (BBCA)	-38.73	-62.16
MAR DEL PLATA (MDPL)	-37.93	-57.58
TANDIL (TDL)	-37.23	-59.25
SANTA ROSA (OSA)	-36.56	-64.26
SAN RAFAEL (SRFA)	-34.58	-68.40
JUNIN (JNIN)	-34.55	-60.92
OBSERVATORIO CENTRAL BUENOS AIRES (OCBA)	-34.58	-58.48
ROSARIO (ROSA)	-32.92	-60.78
PARANÁ (PARA)	-31.78	-60.48
CONCORDIA (CONC)	-31.30	-58.00
CÓRDOBA (CBA)	-31.32	-64.22
CERES (CER)	-29.88	-61.95
PASOS DE LOS LIBRES (PDL)	-29.68	-57.15
RESISTENCIA (SIS)	-27.45	-59.00
SANTIAGO DEL ESTERO (SGOE)	-27.77	-64.30
SALTA (SALT)	-24.85	-65.48

Tabla 1.1: Identificación y ubicación de las estaciones meteorológicas utilizadas.

1.2. TEMPERATURA MEDIA DIARIA.

El análisis de la desviación estándar durante el invierno permitió distinguir 2 regiones con diferente comportamiento que se muestra en la **Figura I.2**. Una región comprendida por Comodoro Rivadavia (CRV), Neuquén (NQN), Bahía Blanca (BBCA), Mar del Plata (MDPL), Tandil (TDL), Santa Rosa (OSA), San Rafael (SRFA), Junín (JNIN) y Observatorio Central Buenos Aires (OCBA)(Región RI), y otra por Rosario (ROSA), Paraná (PARA), Concordia (CONC), Córdoba (CBA), Ceres (CER), Pasos de los Libres (PDL), Resistencia (SIS) y Santiago del Estero (SGOE) y Salta (SALT)(Región R2).

TEMPERATURA MEDIA DIARIA

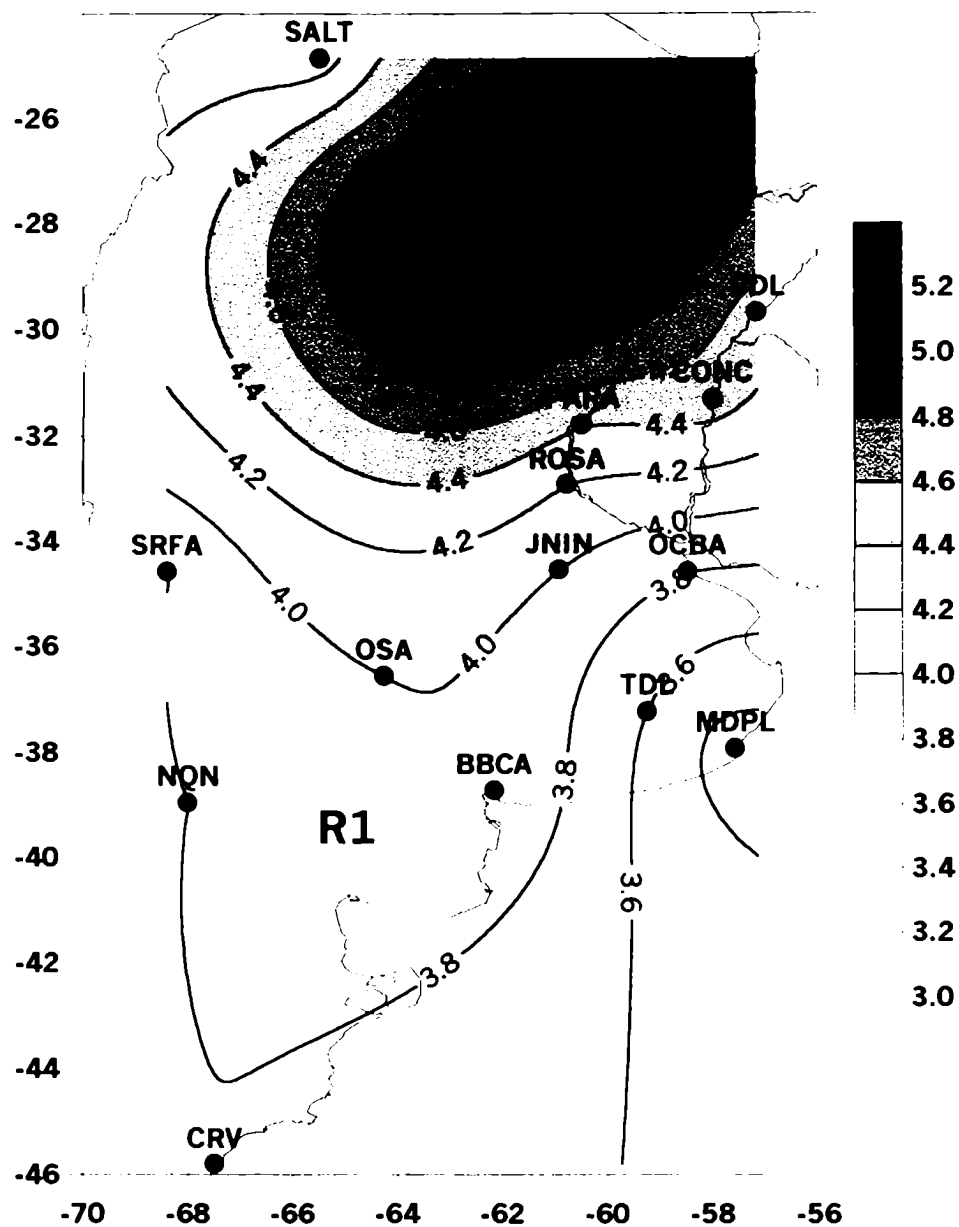


Figura 1.2: Desviación Estándar de la temperatura media diaria (Mayo-Septiembre).

R1 muestra los valores más bajos, oscilando entre 3,3°C y 4,0°C con mínimos en MDPL y TDL de 3,3 y 3,6, respectivamente. R2 presenta los valores más grandes de desviaciones, entre 4,2 y 5,1, y mostrando a SIS, CER y SGOE como las estaciones con los máximos valores (5,1 para las 3 estaciones).

Analizando el comportamiento mes a mes de la desviación estándar (**Figura 1.3**), se observa algo similar a lo descrito anteriormente. Sin embargo, estaciones como **BBCA**, **MDPL**, **CBA**, **SRFA**, **SIS**, **CER**, **PDL**, **SGOE** y **SALT** son las que presentan mayor variabilidad a través de los meses. Se pueden rescatar algunos comportamientos particulares como por ejemplo que la estación de **BBCA** presenta el mínimo de desviación en Junio y el máximo en Mayo y Septiembre, mientras que estaciones como **CBA**, **SIS** y **SGOE** muestran un comportamiento inverso, es decir con máximos en Julio.

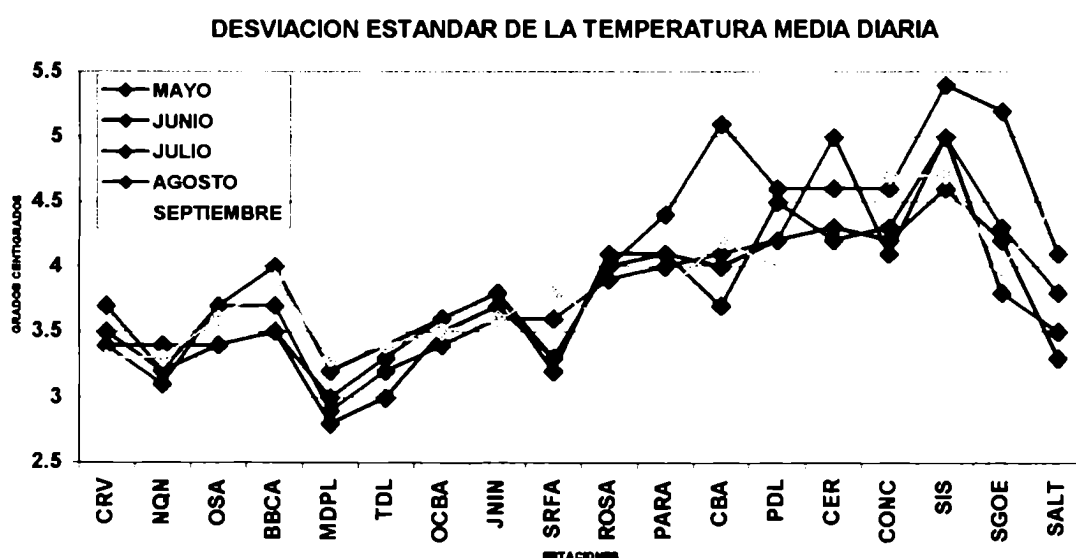


Figura 1.3: Variación mensual de la desviación estándar de la temperatura media diaria.

El análisis del coeficiente de asimetría (**Figura 1.4**) permite observar valores positivos para todas las estaciones consideradas, a excepción de **SALT** que tiene asimetría negativa aunque no significativa.

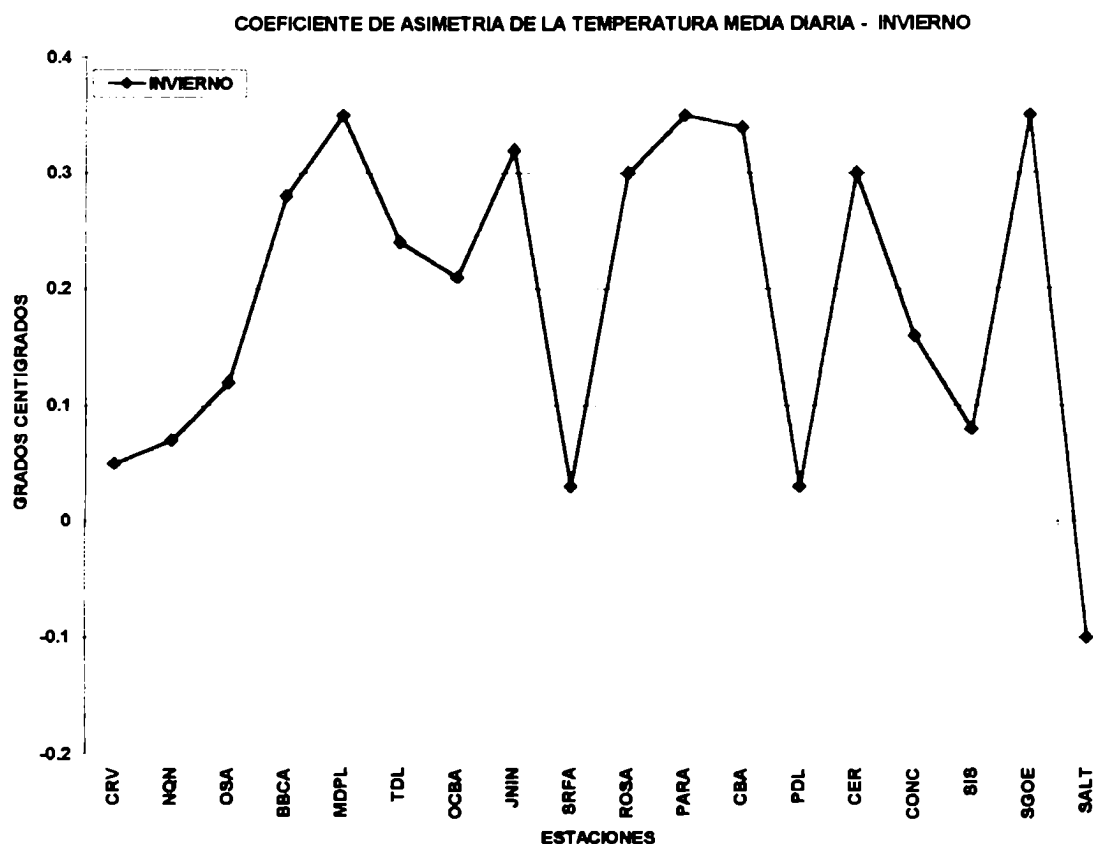


Figura 1.4: Coeficiente de asimetría de la temperatura media diaria correspondiente a todo el periodo invernal (Mayo - Septiembre).

Este comportamiento generalizado indica que las temperaturas medias diarias máximas si bien son menos frecuentes, al mismo tiempo son más intensas que las temperaturas medias mínimas. Estaciones como **CRV, NQN, OSA, SRFA, SIS, PDL y SALT**, prácticamente no presentan asimetría ya que sus valores son muy cercanos a cero, mientras que **MDPL, JNIN, ROSA, PARA, CBA, CER y SGOE** presentan los valores más grandes que oscilan alrededor de 0,3. Esto señala que estas estaciones nombradas en último término, durante el invierno tienen las mayores entradas de aire cálido. En **SIS**, debido a su régimen climático, no muestra diferencias entre entradas de aire cálido y frío (Bischoff y Coronel, 1989).

Se puede mencionar que Julio y Agosto (**Figura 1.5**) son los meses que aportan la mayor asimetría de invierno para la mayoría de las estaciones consideradas. Mayo es el mes

que presenta los valores más bajos de asimetría en casi todas las estaciones excepto en **OSA**, **MDPL** y **TDL**, en tanto que **ROSA**, **PARA**, **SRFA** y **SALT** son las estaciones que muestran mayor variación del coeficiente de asimetría a través de los meses.

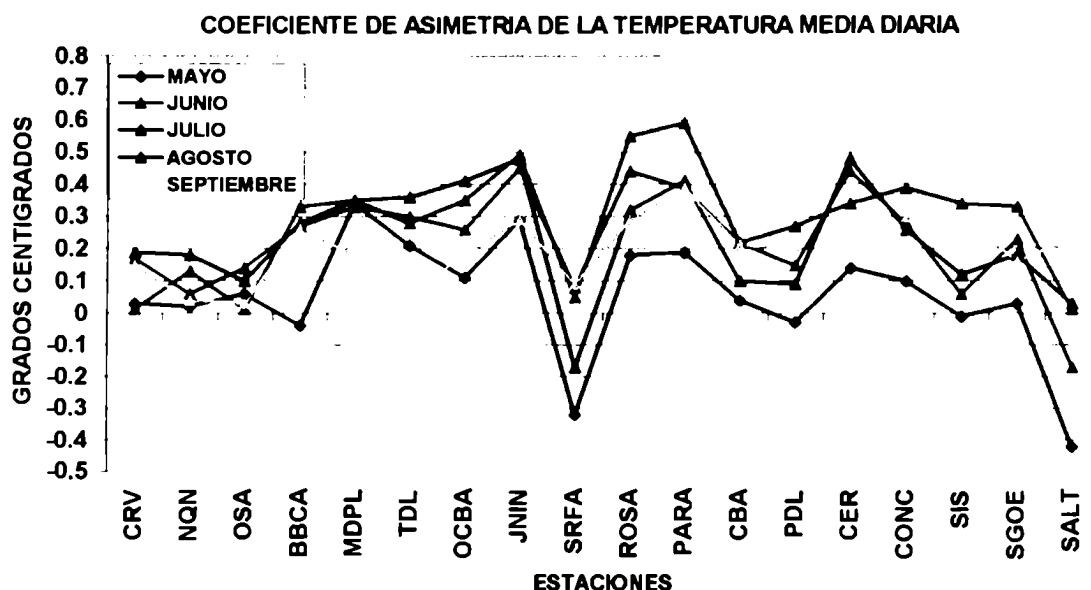


Figura 1.5: Variación mensual del coeficiente de asimetría de la temperatura media diaria.

1.3. VARIACIÓN INTERDIURNA DE LA TEMPERATURA MEDIA DIARIA.

Utilizando los datos de temperatura media diaria se calcularon las diferencias interdiurnas de dicha variable de la siguiente forma:

$$DTm(d) = Tm(d) - Tm(d-1)$$

Donde **DTm** = Diferencia interdiurna de temperatura media diaria.

Tm = Temperatura media diaria.

d = día.

De esta manera se obtuvo la serie de variación interdiurna de la temperatura media diaria.

Parte de los objetivos de esta tesis se basa en estudiar el comportamiento regional de los descensos de temperatura producto de procesos meteorológicos de escala sinóptica en la estación invernal. Durante los meses de Mayo y Septiembre la influencia de la marcha anual de radiación solar sobre la variación interdiurna de la temperatura media diaria es muy pequeña, siendo la primera de uno o dos ordenes de magnitud menor que la variación interdiurna cuasi periódica (Wolken, 1954). Entonces, la variación interdiurna de la temperatura media diaria para los meses de Mayo a Septiembre se debe principalmente a los procesos cuasi periódicos del tiempo.

Mediante el análisis de las desviaciones de la variación interdiurna de la temperatura media diaria, se pueden conformar dos regiones diferentes (**Figura 1.6**).

VARIACION INTERDIURNA DE LA TEMPERATURA

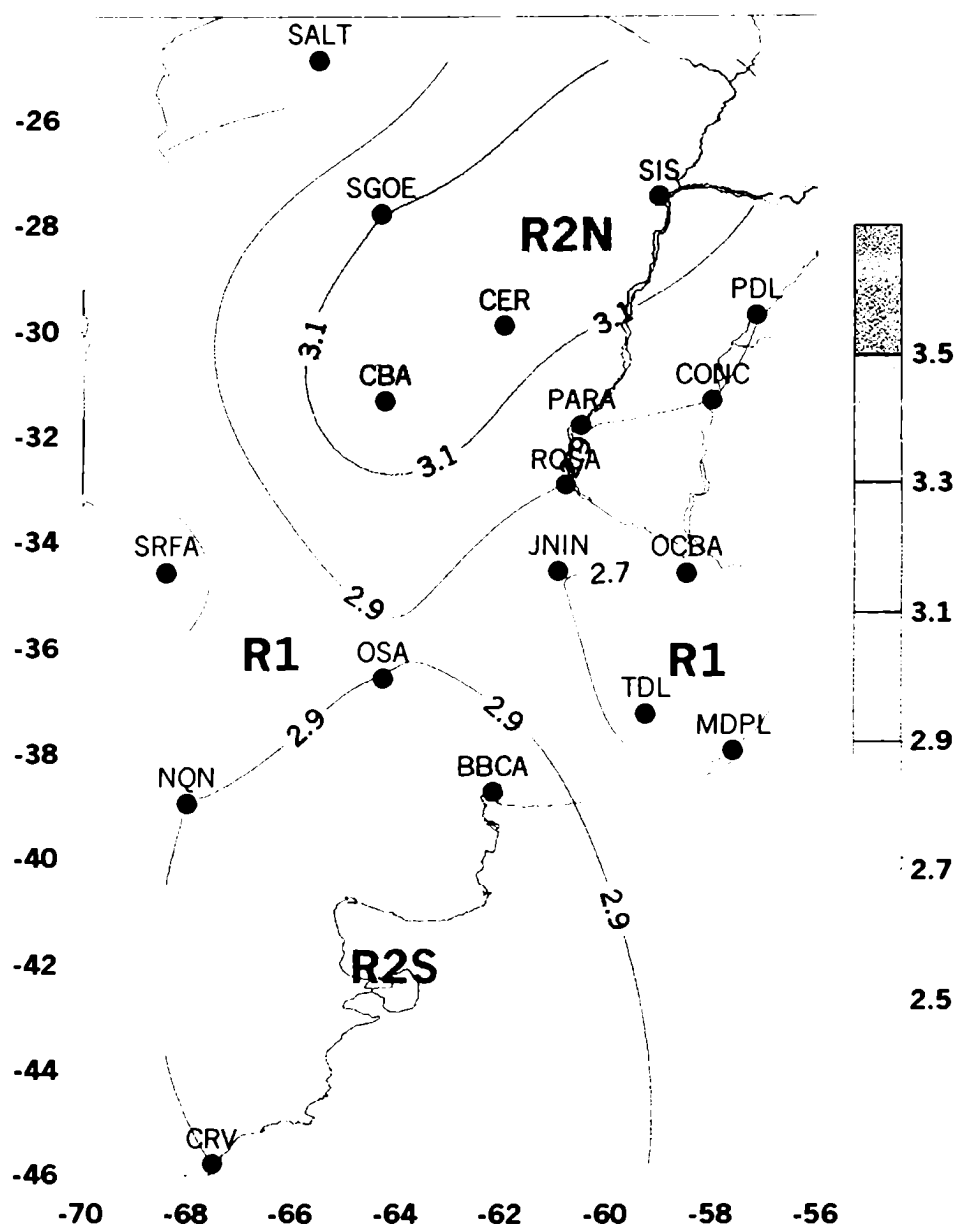


Figura 1.6: Desviación estándar de la variación interdiurna de la temperatura media diaria (Mayo-Septiembre).

La región **R1** comprendida por MDPL, TDL, OCBA, JNIN, SRFA y SALT que presentan valores de desviación estándar menores que $2,8^{\circ}\text{C}$ y la región **R2** formada por las estaciones de CRV, NQN, OSA, BBCA, ROSA, PARA, PDL, CONC, CBA, SIS, CER, y SGOE que presentan valores de desviación estándar superiores que $2,9^{\circ}\text{C}$.

R2 se puede identificar como 2 subzonas, que responden a características de estados de tiempo diferentes: la región **R2N** conformada por **ROSA, PARA, PDL, CONC, CER, SIS, CBA y SGOE**, y la región **R2S** representada por estaciones ubicadas más al sur como **CRV, NQN, OSA y BBKA**.

La mayor variabilidad correspondiente a **R2N** podría estar asociada a los cambios de tiempo más frecuentes, no sólo por el permanente pasaje de perturbaciones sinópticas (frentes fríos y cálidos, líneas de inestabilidad, ciclogénesis, por ejemplo) sino también por las usuales tormentas de masas de aires que son muy comunes en esa región especialmente en las estaciones del Litoral Fluvial Argentino (Lichtenstein y Schawrzkopf (1970 a y b); Hoffmann, (1971)).

Según Hessling (1923), existen dos tipos de depresiones que afectan el continente argentino. Están las de origen térmico que se forman principalmente en verano alrededor de los 30 grados de latitud y entre los 65 y 70 de longitud. Estas depresiones generalmente se quedan estacionadas durante varios días aportando aire cálido del norte (Lichtenstein, 1980). A partir de otoño, según el autor, comienzan a aumentar las depresiones formadas al este del meridiano 65 y al norte del paralelo 25, y generalmente se trasladan hacia el sudeste. Estas últimas son las que generalmente se convierten en intensos ciclones que producen copiosas lluvias sobre las provincias del Litoral. Resultados similares encontró Wolcken (1954) que muestra la trayectoria de tres tipos de depresiones en la zona austral sudamericana: las térmicas, las del litoral argentino y las subpolares.

Estudios más recientes muestran resultados similares a los descriptos en el párrafo anterior. Necco (1982 a y b) analizó el comportamiento de los vórtices ciclónicos sobre el área Sudamérica y sus resultados muestran que más del 50% de los casos sobre de Sudamérica y el Océano Atlántico se encuentran dentro del sector limitado al sur por el paralelo 35°S y al oeste por el meridiano 30°O. Rivero y Bischoff (1971) analizaron la

distribución de depresiones en los Océanos Pacífico y Atlántico Sur durante el periodo que abarca abril de 1967 a marzo de 1968 y encontraron, para invierno, una importante zona ciclogénica en la Mesopotamia y Uruguayana. Gan (1991) encontró resultados similares a los obtenidos por los autores anteriores. Utilizando datos de punto de grilla correspondientes al período 1979/88, y para la región que abarca el cono sur de Sudamérica, halló la mayor frecuencia de ciclogénesis en invierno sobre el Uruguay y alrededores. Por lo tanto, se podría decir que la mayor variabilidad que presentan las estaciones del Litoral Fluvial Argentino, particularmente **SIS** y **CER** (presentan los mayores valores de desviación estándar) estaría asociada principalmente a que están contenidas, de acuerdo en lo mencionado anteriormente, en una zona de desarrollos ciclónicos más frecuentes.

Estaciones como **CBA** y **SGOE**, que también pertenecen a la región **R2N**, además de estar afectadas por el pasaje de frentes, tienen la influencia del efecto de la continentalidad (más notorio durante Mayo y Septiembre). Hay que recordar, de acuerdo a lo encontrado por (Garreaud, 1998), que la cordillera de los Andes produce a sotavento un efecto de desvío hacia el norte de todos los anticiclones migratorios, especialmente en invierno. Por lo tanto, es factible pensar que ambos factores contribuyen al aumento de la variabilidad en esas latitudes.

La distribución espacial descripta más arriba se asemeja a los resultados obtenidos por Garreaud (1998), que utilizando datos promedios diarios de temperatura en 925 hPa (NCEP/NCAR)(Reanálisis) correspondientes al período 1979/97, encontró especialmente durante el invierno (Mayo/Septiembre), valores de máxima varianza alrededor de los 30°S. Los datos utilizados corresponden a series de tiempo en puntos de grilla que fueron filtrados mediante un filtro de pasa banda de orden 9. De esta manera se retienen las fluctuaciones que van de 3 a 12 días, las cuales se refieren a la alta frecuencia (diaria a semanal) de la circulación troposférica.

El mecanismo físico que justifica el comportamiento al este de los Andes se debe a una interacción entre el flujo de escala sinóptica con la topografía terrestre, ya que comportamientos parecidos se encontraron al este de las principales cadenas montañosas (Rocallosas e Himalaya, por ejemplo). Resultados concordantes fueron hallados por Knight (1998), que mediante simulaciones numéricas de casos asociados a irrupciones de aire frío al este de los Andes encontró una propagación hacia el ecuador de dichos eventos.

Para evaluar la influencia de las irrupciones de aire frío Garreaud (1998) calculó la varianza de la temperatura en 925 hPa usando una submuestra de datos que excluye los episodios más intensos de irrupciones de aire frío. En este caso la varianza se redujo en alrededor de la mitad de su original valor cuando son incluidas todas las irrupciones de aire frío. Es decir, más del 50% de la varianza total es explicada por los fuertes descensos de temperatura.

En cuanto al máximo de **BBCA** representado en la región **R2S** podría estar asociado, entre otras cosas, al amplio rango de temperatura media diaria que presenta dicha estación durante prácticamente todo el año. De acuerdo a los datos estadísticos se pudo comprobar que el Noroeste es la dirección de viento más frecuente durante todo el año en **BBCA**, advectando de esta manera aire seco y más caliente y provocando en consecuencia temperaturas máximas elevadas. Cuando avanzan los frentes fríos sobre esta región, el viento rota inmediatamente de Noroeste a Sudoeste o Sudeste, provocando de esta forma grandes cambios interdiurnos de temperatura.

Analizando la variación mes a mes de la desviación estándar (**Figura 1.7**), se observa el mayor rango de esta variación en **BBCA**, **CBA**, **SIS**, **CER** y **SGOE** (de 0,5° a 1,5°C), y mínima en **CRV**, **NQN**, **OSA**, **TDL**, **OCBA**, **JNIN** y **ROSA** (de 0,2°C a 0,3°C). Además, se observan los valores más bajos de desviación en Junio para la mayoría de las estaciones,

excepto en aquellas pertenecientes a la región del Litoral Fluvial Argentino donde estos valores se observan en Mayo.

Las estaciones de **CBA**, **SGOE**, **SIS** y **CER** presentan la mayor desviación estándar en los meses de Julio y Agosto, explicando de esta manera la mayor variabilidad observada durante todo el invierno.

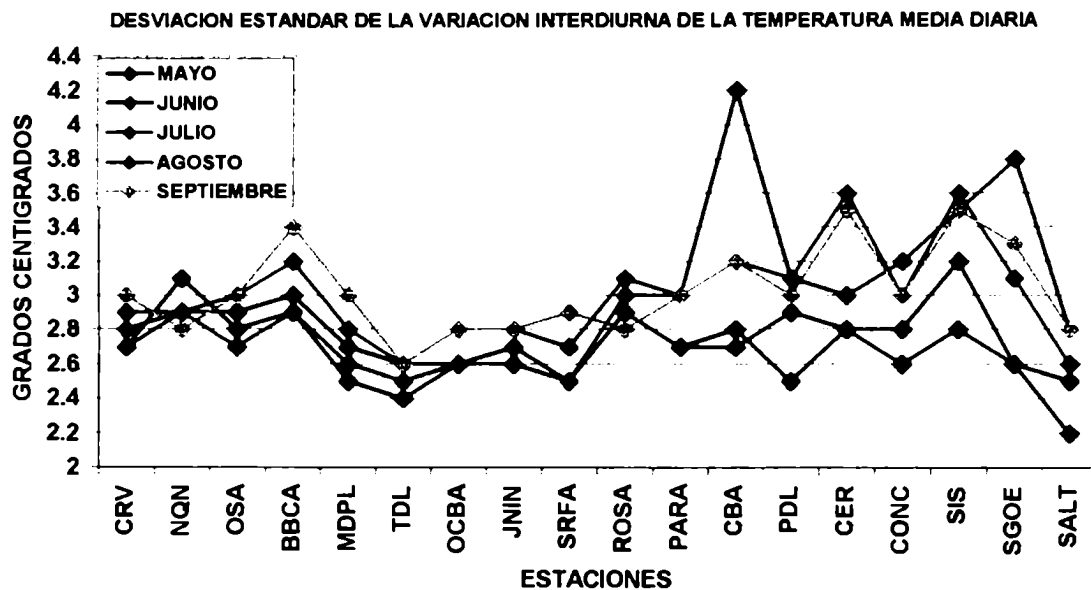


Figura 1.7: Variación mensual de la desviación estándar de la variación interdiurna de la temperatura media diaria.

Mediante el análisis del coeficiente de asimetría se observan (**Figura 1.8**), en invierno, valores negativos en casi todas las estaciones analizadas. Las estaciones de **CRV**, **NQN**, **OSA**, **BBKA**, **MDPL** y **TDL** prácticamente no presentan asimetría ya que sus valores son cercanos a cero. En tanto que las demás estaciones presentan valores que oscilan entre -0,3 y -0,5. Coeficientes de asimetría negativos indican que los descensos interdiurnos de temperatura son de mayor amplitud que los ascensos, siendo esto un reflejo de los descensos marcados de temperatura en las variaciones interdiurnas aperiódicas. Resultados concordantes fueron obtenidos por Garreaud (1998), que encontró la mayor asimetría negativa en estaciones ubicadas al norte del paralelo 25°S. Por otro lado, Rusticucci (1995)

caracterizó estadísticamente la variabilidad cada seis horas de la temperatura en Ezeiza mediante la variable diferencia, que fuera obtenida efectuando la diferencia entre dos datos consecutivos separados entre sí cada seis horas. Los resultados obtenidos, considerando todo el período anual, también mostraron una leve asimetría negativa indicando una mayor cantidad de calentamientos que enfriamientos, pero de menor intensidad.

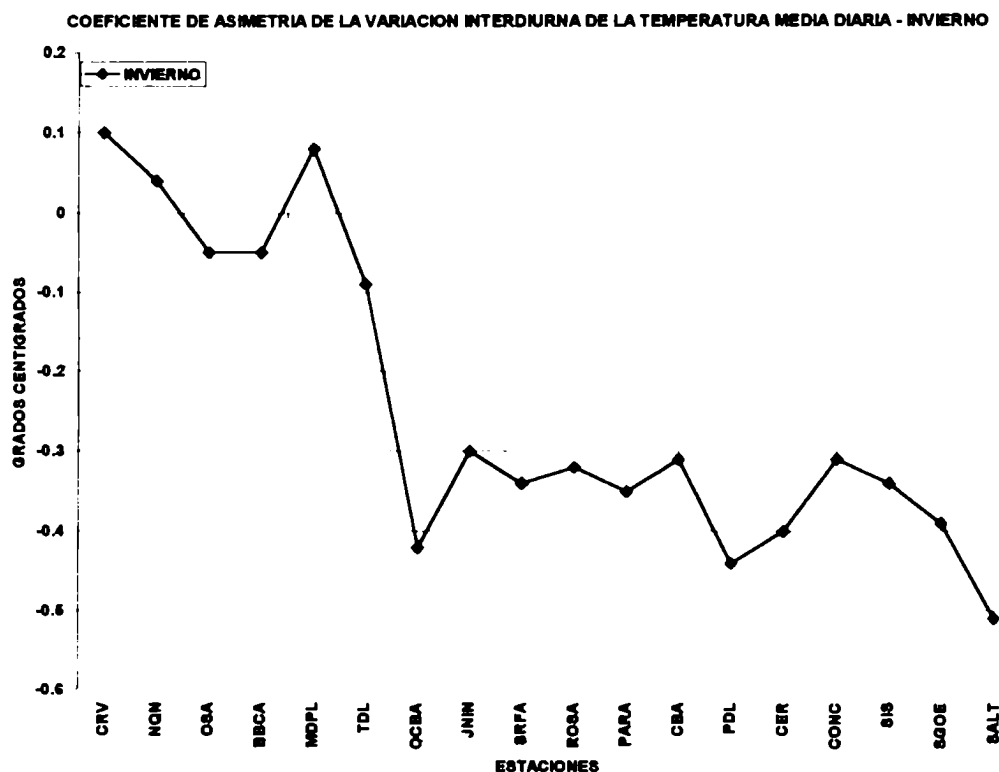


Figura 1.8: Coeficiente de asimetría de la variación interdiurna de la temperatura media diaria correspondiente a todo el período invernal (Mayo - Septiembre).

Realizando un análisis a través de los meses (**Figura 1.9**), se observan valores más negativos en Septiembre y menos negativos en Junio prácticamente para todas las estaciones. Esta última característica indica que los descensos interdiurnos de temperatura son más marcados o intensos a comienzos de primavera que en invierno. En cuanto al análisis de la variación mes a mes de dicho coeficiente en cada una de las estaciones, se observa

prácticamente la misma variabilidad con la excepción CRV y NQN que muestran poca variación.

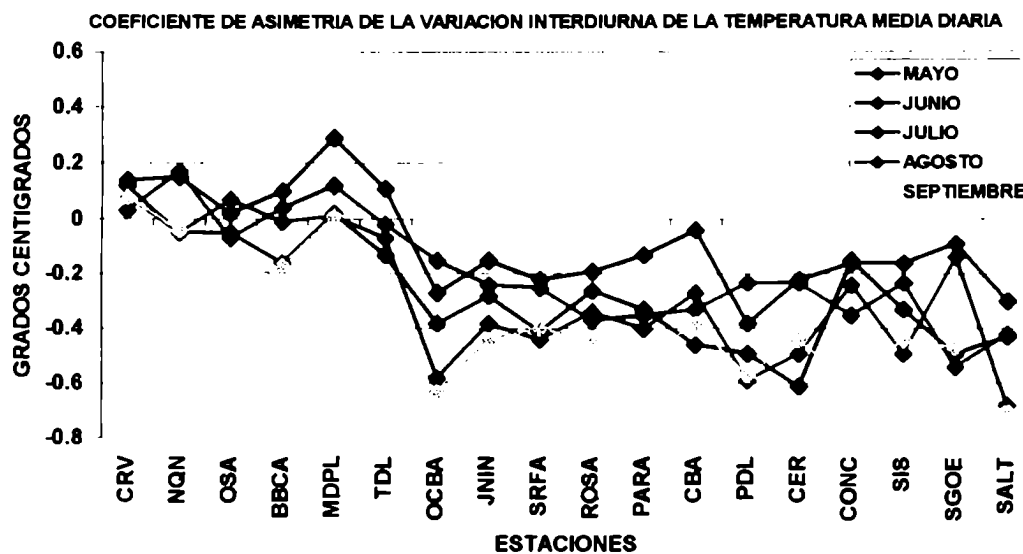


Figura 1.9: Variación mensual del coeficiente de asimetría de la variación interdiurna de la temperatura media diaria.

1.4. DESCENSOS INTERDIURNOS DE TEMPERATURA MEDIA DIARIA.

Se analizan particularmente los descensos interdiurnos de temperatura. En primer término se calculó el promedio de los descensos interdiurnos considerando para cada estación el período que comprende los años 1967 a 1996. A través del análisis regional se observa (Figura 1.10) para todo el invierno valores comprendidos entre -2 y -2,9 aproximadamente en todas las estaciones consideradas.

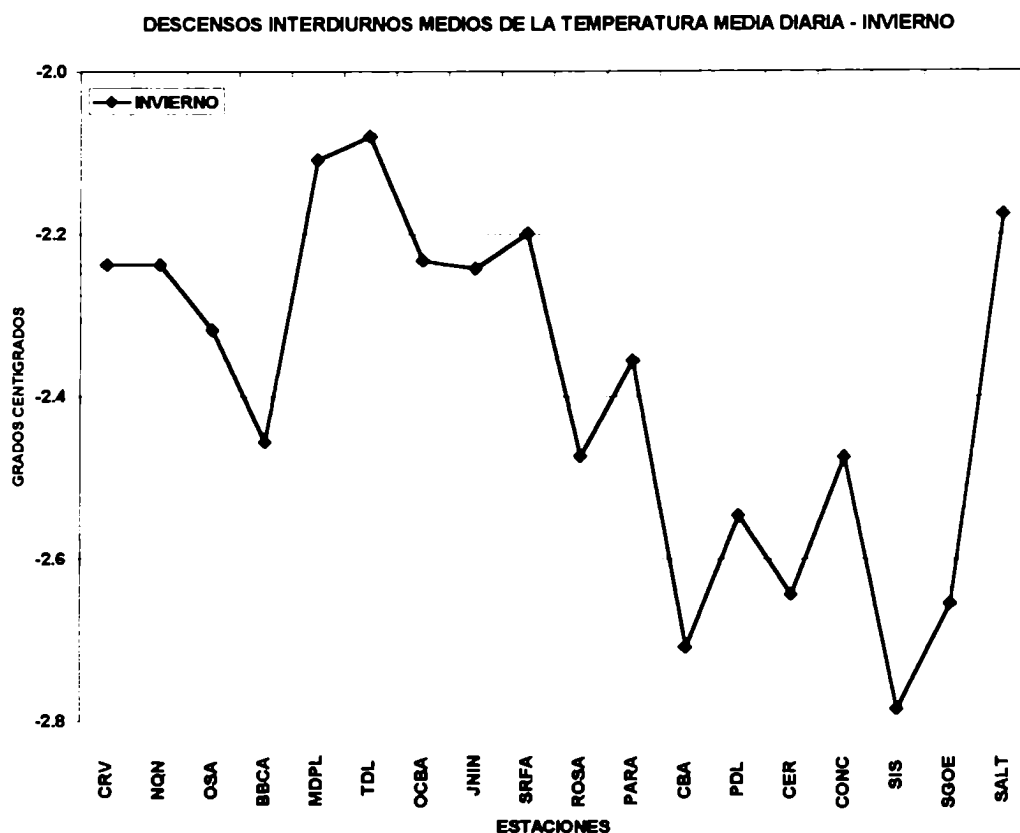


Figura 1.10: Descensos interdiurnos medios de temperatura correspondiente a todo el período invernal (Mayo a Septiembre).

También se puede observar que el litoral y centro de la Argentina y Bahía Blanca (BBKA) presentan los descensos medios más intensos que en el resto de las estaciones.

En términos mensuales (Figura 1.11), los descensos interdiurnos medios son más intensos en Septiembre y menos intensos en Junio para la mayoría de las estaciones analizadas, a excepción de CBA y SGOE que muestran los descensos más fuertes en Julio.

Los máximos descensos correspondientes al mes de Septiembre podrían estar asociados al cambio de estación (fin de invierno y comienzo de primavera). El aumento de radiación amplificaría el efecto de descenso interdiurno de temperatura asociado al pasaje de perturbaciones sinópticas (preferentes frentes fríos), respecto de invierno. Esto sería el resultado de una temperatura ambiente mayor previa al pasaje del frente frío. La aparición de las primeras tormentas de importancia que usualmente anteceden a los frentes,

particularmente en la región del Litoral en el periodo de análisis, también sería un factor favorable para la ocurrencia de descensos intensos máximos.

Estaciones como **CRV**, **NQN**, **OCBA** y **JNIN** muestran la menor variación a través de los meses, mientras que **BBCA**, **CBA**, **SIS**, **CER**, **CONC**, **PDL**, **SGOE** y **SALT** presentan los mayores cambios entre meses.

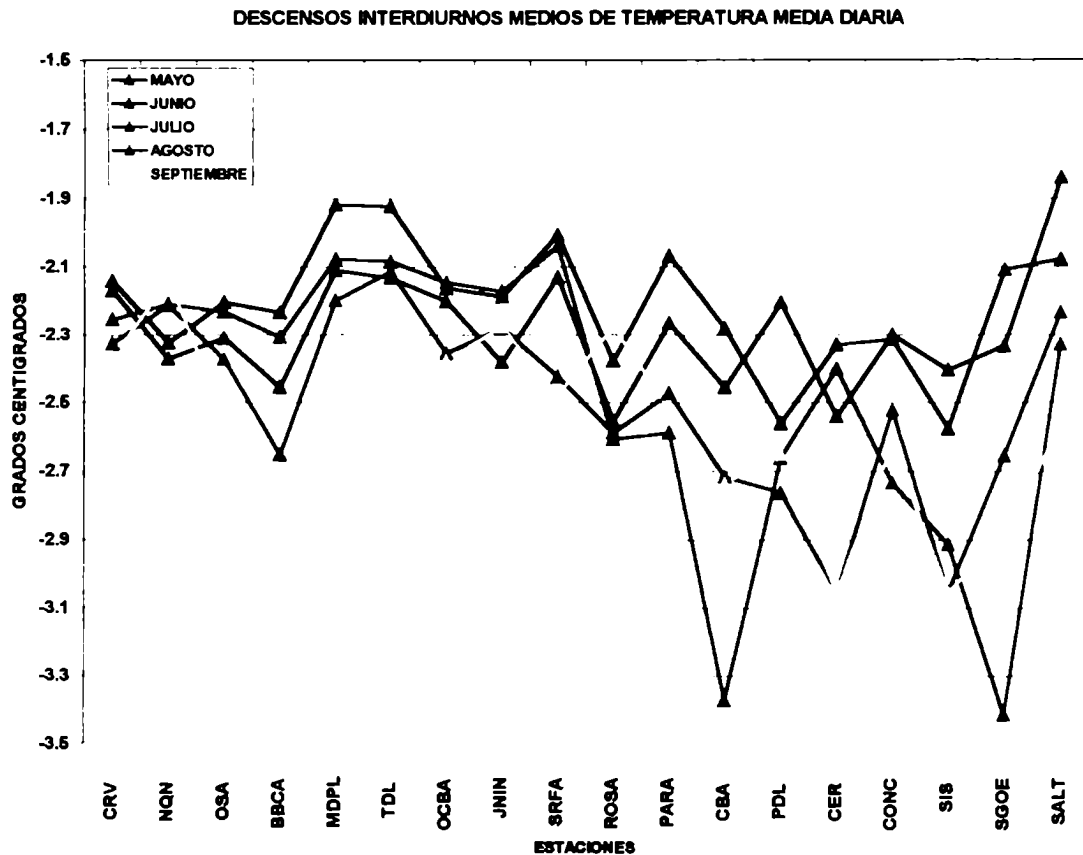


Figura 1.11: Variación mensual de los descensos interdiurnos medios de temperatura media diaria.

Analizando la desviación standard de los descensos interdiurnos de temperatura, se observa (Figura 1.12) para todo el invierno, valores que oscilan entre 1,6°C y 2,4°C, pudiéndose diferenciar 2 regiones principales (**R1** y **R2**). ,

La región **R1** presenta los valores más bajos y está comprendida por **CRV**, **NQN**, **OSA**, **BBCA**, **MDPL**, **TDL**, **OCBA**, **JNIN** y **SRFA**, mientras que la región **R2**, que se

halla identificada por ROSA, PARA, CBA, SIS, CER, CONC, PDL, SGOE y SALT muestra los mayores valores.

DESCENSOS INTERDIURNOS DE LA TEMPERATURA

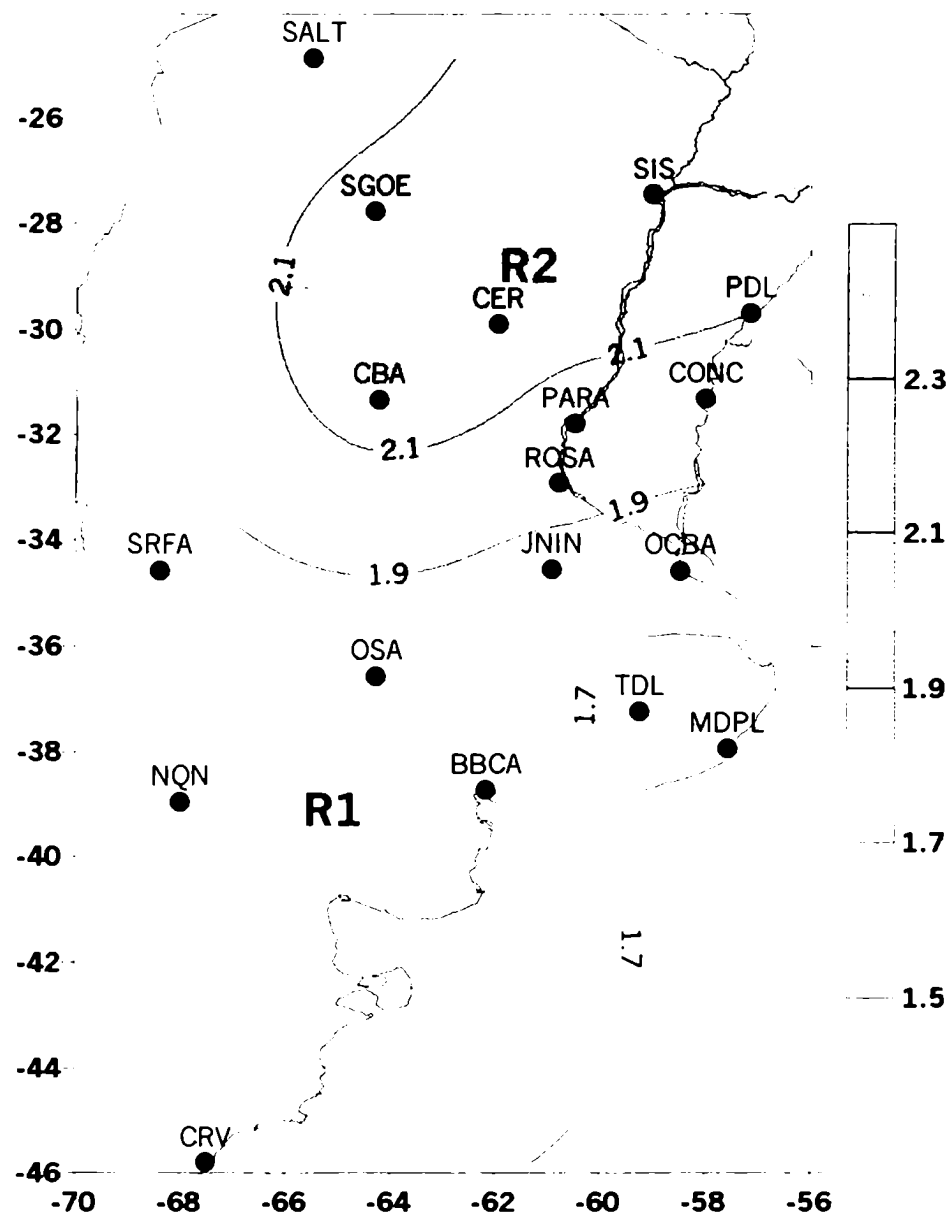


Figura 1.12: Desviación estándar de los descensos interdiurnos de la temperatura media diaria (Mayo-Septiembre).

En la Figura 1.13 se muestra en forma conjunta los descensos interdiurnos medios y la desviación estándar de los mismos, observándose como era de esperar, que los descensos más grandes se corresponden con desviaciones mayores y viceversa.

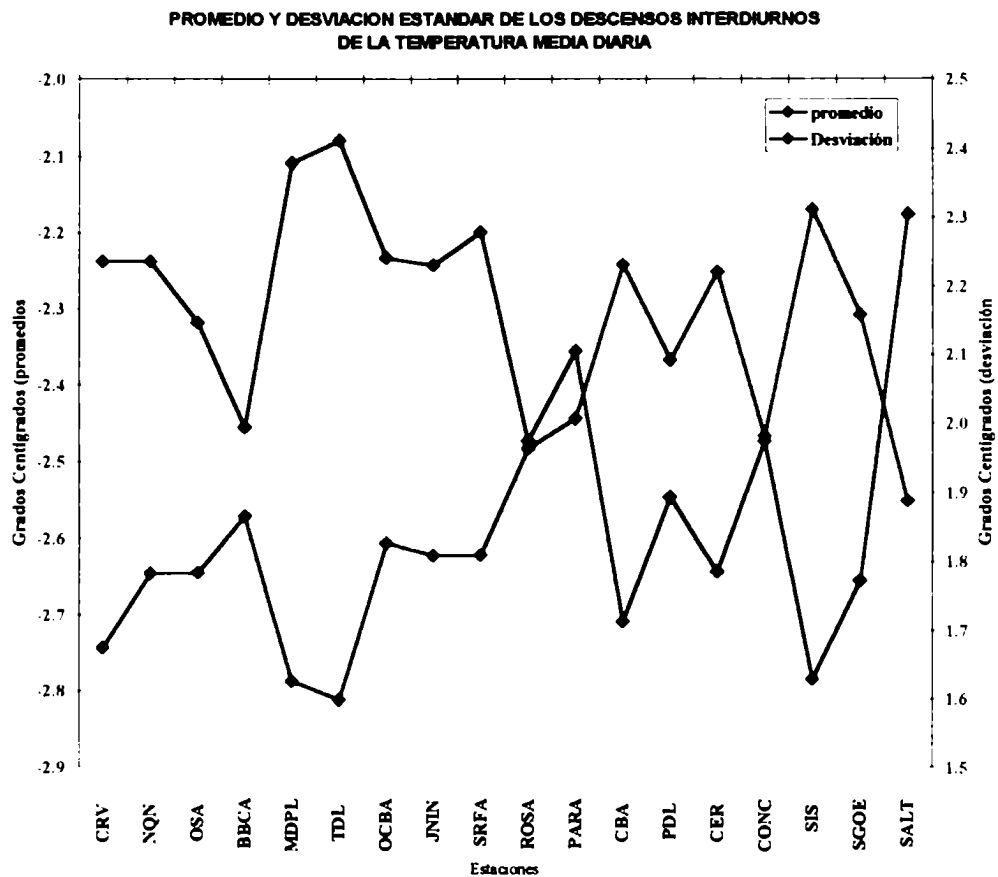


Figura 1.13: Promedio y Desviación estándar de los descensos interdiurnos de la temperatura media diaria (Mayo-Septiembre).

El comportamiento intermensual de la desviación estándar de los descensos interdiurnos de temperatura en todas las estaciones consideradas también es bastante similar al encontrado para la variación interdiurna de la temperatura media diaria en lo que se refiere a la influencia de los meses en cada estación (**Figura 1.7**).

Se observa en general (**Figura 1.14**), mayores valores en Septiembre y menores en Junio y Julio.

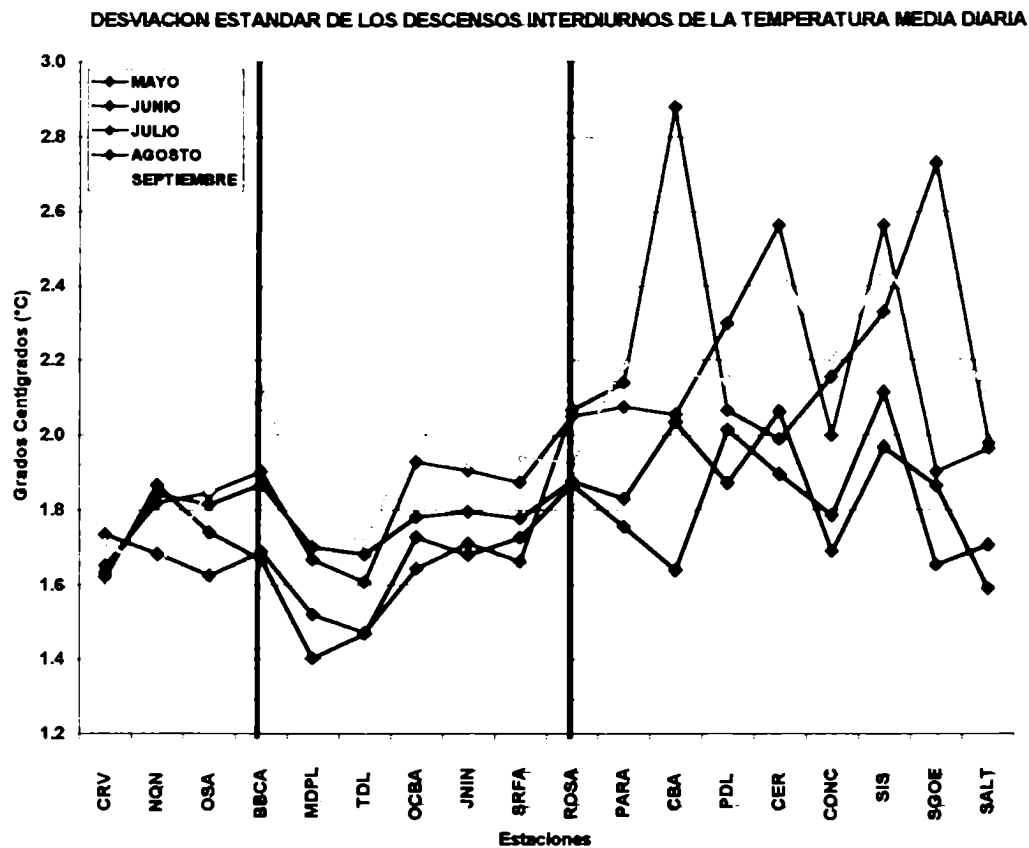


Figura 1.14: Variación mensual de la desviación estándar de los descensos interdiurnos de la temperatura media diaria.

La presencia de mínimos valores en Junio y Julio, principalmente en la Provincia de Buenos Aires (área contenida entre dos barras en **Figura 1.14**), podría deberse a que en Invierno las variaciones aperiódicas del tiempo son principalmente producidas por el frecuente pasaje de frentes fríos que afectan la región. A fin de otoño o comienzos de primavera (Mayo o Septiembre) las variaciones aperiódicas del tiempo se combinan entre el pasaje de frentes fríos y la aparición de tormentas de masa de aire asociada a estos últimos. Los máximos en Septiembre en la región mencionada estarían asociados a la importancia que adquiere la componente advectiva, provocando en consecuencia amplitudes diarias de temperatura mayores. Toda esta combinación de efectos produce estados de tiempo más cambiantes conduciendo a descensos de temperatura más intensos y en consecuencias desvíos mayores.

Esta última inferencia vale también para explicar los valores máximos de la desviación estándar que se observan en el Centro, Norte y Litoral Fluvial de Argentina. Aunque aquí, a diferencia de la región anterior, este comportamiento se observa en todos los meses analizados mostrando una mayor amplitud intermensual de la varianza. Resistencia (SIS) muestra los mayores valores de desviación estándar debido posiblemente a que, dentro de la región del litoral, es la estación que se halla ubicada más al norte.

Bischoff y Coronel (1989), que analizaron las características de las masas de aire de la región húmeda de Argentina, encontraron que en Resistencia durante el invierno, la distribución de frecuencia de masas de aire es bimodal con dos máximos de igual frecuencia pero identificando masas de aire diferentes. De esta manera Resistencia se halla más expuesta a frecuentes entradas de aire cálido y húmedo que producen elevadas temperaturas y que con la posterior entrada de aire frío (eventualmente asociados a frentes fríos) generan descensos térmicos marcados. Cabe recordar que la masa de aire cálido y húmedo que afecta Resistencia en esta época del año es potencialmente inestable por lo que la entrada de aire frío de en las capas bajas puede provocar lluvias convectivas. Esto último fue comprobado de alguna manera por Oliveira (1986), quien mediante el análisis de imágenes infrarrojas (10 años, 1975/84), encontró que la actividad convectiva asociada a los frentes se hace más notoria e importante en la región del Litoral Fluvial Argentino, siendo esta probablemente otra de las causas por la cual los descensos interdiurnos son más intensos en esta región (**Figura 1.10**). Las bajas segregadas que frecuentemente se producen cerca de la costa de Chile Subtropical durante otoño, invierno y primavera, puede ser otro factor que también incide en la determinación de desviaciones estándar mayores sobre la región centro norte y litoral fluvial Argentino. Pizarro y Montecinos (2000) estudiaron el impacto de este tipo de perturbaciones sobre el régimen de lluvia, además de analizar el patrón de circulación más frecuente durante la etapa de formación y madurez de estos sistemas. Encontraron que estas

perturbaciones producen, principalmente de abril a Octubre, abundantes e intensas precipitaciones en toda la región del litoral, en especial al norte del paralelo 30°S, donde se observó la mayor contribución sobre el total anual de lluvias.

Resultados concordantes fueron obtenidos por Vera et al (2001). Los autores estudiaron la evolución de las perturbaciones ciclónicas sobre Sudamérica subtropical durante el invierno mediante el análisis de las funciones ortogonales empíricas. Además analizaron la función que cumplen estas perturbaciones sobre la generación de lluvias en el sudeste de Sudamérica. Los resultados obtenidos mostraron que más del 60% de la lluvia invernal promedio acumulada sobre el centro y noreste de Argentina se explica a través de las perturbaciones de altura asociadas al jet subtropical que cruza los Andes alrededor de 30°S.

En la **Figura 1.15** se muestra el coeficiente de asimetría correspondiente a los descensos interdiurnos de temperatura en todas las estaciones de la región de estudio durante el período de invierno.

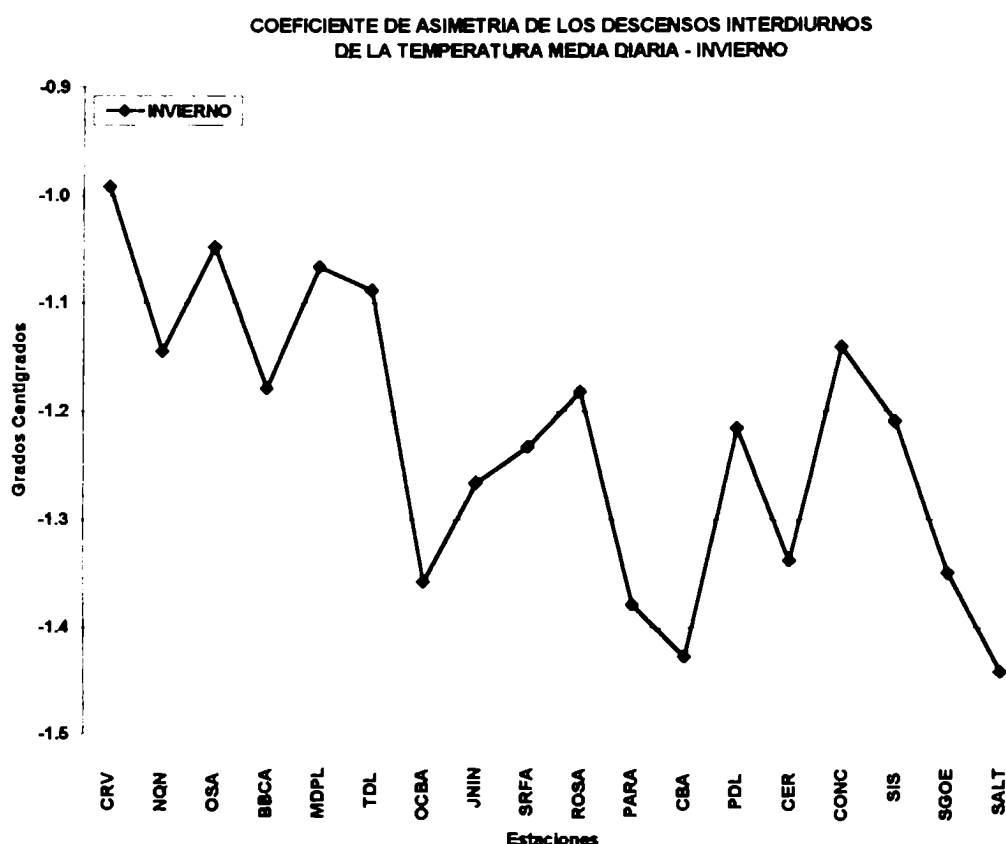


Figura 1.15: Coeficiente de asimetría de los descensos interdiurnos de la temperatura media diaria correspondiente a todo el periodo invernal (Mayo - Septiembre).

Este comportamiento indica que hay descensos interdiurnos de gran amplitud, aunque en número muy pequeños, que juegan un rol importante en la determinación de la asimetría. Los valores respectivos oscilan entre -1 y -1,4 presentando valores menos negativos las estaciones de **CRV, NQN, OSA, MDPL y TDL**. Las asimetrías más negativas coinciden con la región **R2** de la **Figura 1.12**, incluyendo además **JNIN, OCBA y SRFA**. Esto último muestra que el reflejo de los descensos marcados de temperatura es más importantes en la región Centro Norte y Noreste de la Argentina.

Sin embargo la variación mes a mes del coeficiente de asimetría (**Figura 1.16**) tiene una distribución diferente a la mencionada.

Como hecho sobresaliente se puede destacar a las estaciones de **BBKA, OCBA, JNIN, ROSA, PARA, PDL y SALT**, que muestran los coeficientes negativos más altos

cuyos valores se hallan acotados entre -1,4, y -1,9. Estos importantes valores negativos se producen en Agosto, principalmente en las estaciones de **OCBA**, **JNIN**, **ROSA** y **PARA** pudiendo estar asociados a la ocurrencia de tormentas de masa de aire y líneas de inestabilidad en su relación con el cambio estacional de la circulación (Lichtenstein y Schawrzkopf (1970 a).

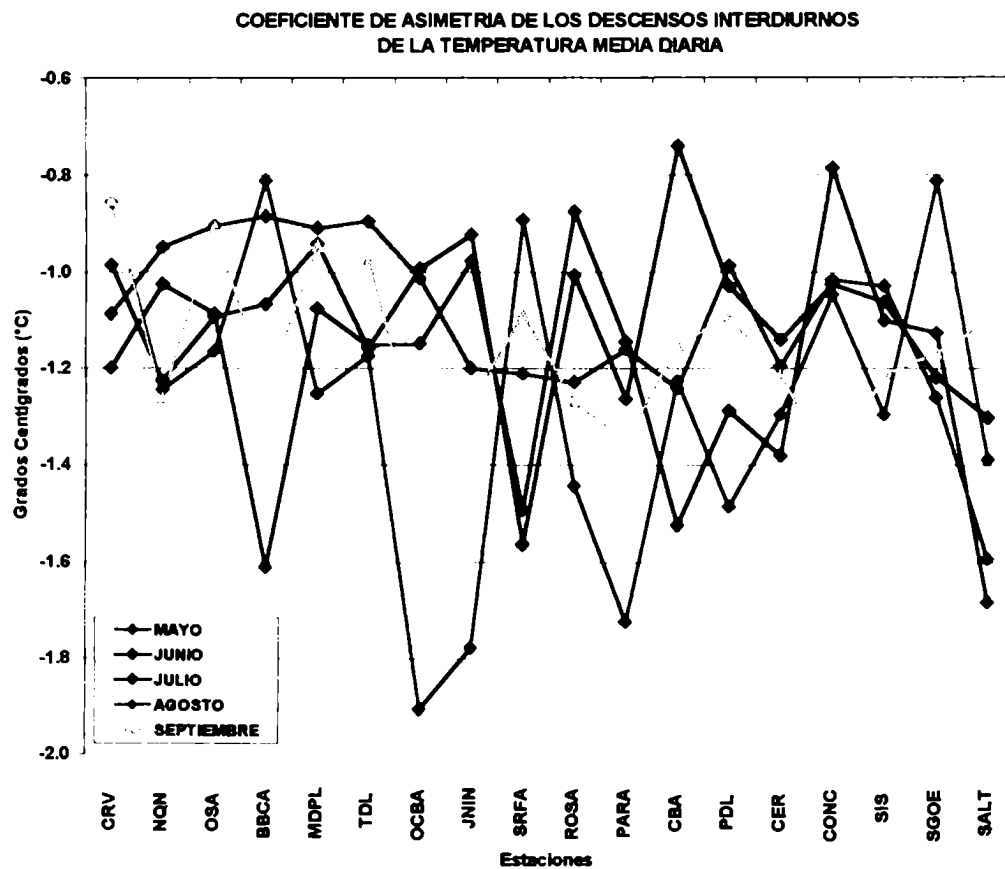


Figura 1.16: Variación mensual del coeficiente de asimetría de los descensos interdiurnos de la temperatura media diaria.

En el análisis de la variación interdiurna de la temperatura media diaria se observó un mayor predominio de los descensos por sobre los ascensos. Esto se vio claramente a través del coeficiente de asimetría de la variación interdiurna (**Figura 1.8**) que mostró valores negativos en la mayoría de las estaciones consideradas. Esto también se puede confirmar si se analizan los descensos y ascensos interdiurnos en forma separada. En la **Tabla 1.2 (a)** y

(b) se observa el valor medio junto a su desviación estándar de los descensos y ascensos interdiurnos respectivamente.

MES	MAY		JUN		JUL		AGO		SEP	
	P	σ	P	σ	P	σ	P	σ	P	σ
CRV	-2,2	1,6	-2,2	1,6	-2,2	1,7	-2,3	1,6	-2,4	1,7
NQN	-2,4	1,8	-2,3	1,9	-2,2	1,7	-2,2	1,8	-2,1	1,6
OSA	-2,3	1,8	-2,2	1,7	-2,2	1,6	-2,4	1,8	-2,5	1,9
BBCA	-2,4	1,9	-2,2	1,7	-2,3	1,7	-2,6	1,9	-2,7	2,1
MDPL	-2,1	1,7	-1,9	1,4	-2,1	1,5	-2,2	1,7	-2,3	1,8
TDL	-2,1	1,7	-1,9	1,9	-2,1	1,5	-2,1	1,6	-2,2	1,7
OCBA	-2,2	1,8	-2,2	1,7	-2,1	1,6	-2,3	1,9	-2,4	2,0
JNIN	-2,4	1,8	-2,2	1,7	-2,2	1,7	-2,3	1,9	-2,3	1,9
ROSA	-2,5	1,9	-2,4	1,9	-2,5	1,9	-2,6	2,0	-2,5	2,0
PARA	-2,3	1,8	-2,0	1,8	-2,3	1,7	-2,5	2,0	-2,5	2,2
CONC	-2,3	1,7	-2,3	1,8	-2,7	2,1	-2,5	2,0	-2,6	2,2
PDL	-2,2	1,9	-2,6	2,0	-2,6	2,1	-2,8	2,3	-2,6	2,1
CER	-2,5	2,1	-2,4	1,9	-2,4	2,0	-2,6	2,5	-2,9	2,4
SIS	-2,4	2,0	-2,6	2,1	-2,9	2,3	-3,0	2,6	-3,0	2,5
CBA	-2,4	2,0	-2,3	1,6	-2,3	1,7	-2,7	2,0	-2,7	2,2
SALT	-1,8	1,6	-2,1	1,7	-2,3	2,0	-2,2	2,0	-2,6	2,1
SGOE	-2,3	1,9	-2,1	1,6	-2,4	1,9	-2,6	1,9	-2,9	2,3
SRFA	-2,1	1,8	-2,0	1,7	-2,0	1,7	-2,4	1,9	-2,5	1,9

a)

MES	MAY		JUN		JUL		AGO		SEP	
	P	σ	P	σ	P	σ	P	σ	P	σ
CRV	2,2	1,7	2,2	1,7	2,3	1,8	2,4	1,8	2,5	1,9
NQN	2,3	1,7	2,5	2,0	2,4	1,9	2,3	1,8	2,3	1,7
OSA	2,2	1,7	2,2	1,7	2,2	1,6	2,4	1,9	2,8	2,0
BBCA	2,4	1,7	2,4	1,8	2,4	1,7	2,7	1,9	2,8	2,0
MDPL	2,1	1,7	2,1	1,6	2,1	1,6	2,3	1,7	2,5	1,8
TDL	2,0	1,5	1,9	1,6	2,0	1,5	2,1	2,6	2,1	1,5
OCBA	2,0	1,3	1,9	1,4	2,1	1,5	2,1	1,4	2,1	1,4
JNIN	2,0	1,4	2,0	1,5	2,0	1,5	2,1	1,6	2,2	1,5
ROSA	2,1	1,5	2,2	1,6	2,3	1,7	2,3	1,7	2,3	1,5
PARA	2,0	1,4	2,1	1,6	2,3	1,7	2,2	1,7	2,2	1,6
CONC	1,9	1,5	2,2	1,6	2,4	1,7	2,4	1,7	2,2	1,5
PDL	1,8	1,4	2,1	1,6	2,3	1,8	2,2	1,6	2,2	1,5
CER	1,9	1,4	2,1	1,6	2,4	1,7	2,4	1,7	2,4	1,7
SIS	1,9	1,6	2,4	1,9	2,6	2,0	2,6	1,9	2,6	1,9
CBA	2,0	1,6	2,1	1,6	2,3	1,7	2,4	1,7	2,5	1,7
SALT	1,5	1,3	1,8	1,4	1,9	1,6	1,8	1,3	1,9	1,4
SGOE	1,8	1,3	2,0	1,5	2,3	1,6	2,4	1,7	2,6	1,7
SRFA	1,8	1,4	1,8	1,6	1,9	1,4	2,1	1,3	2,3	1,5

b)

Tabla 1.2: Descensos (a) y ascensos interdiurnos (b) de la temperatura media diaria: Promedio (P) y Desviación Estándar (σ)

En general, se ve que para las estaciones situadas al norte de **OCBA** (incluida), los descensos son más intensos que los ascensos durante Mayo a Septiembre, haciéndose mayor la diferencia en los meses de Agosto y Septiembre. En cambio estaciones como **CRV**, **NQN**, **OSA**, **BBCA** y **TDL** muestran un comportamiento similar de los valores medios para los descensos y ascensos interdiurnos. Esto también se observó mediante el análisis del coeficiente de asimetría (**Figura 1.8**) que mostró valores cercanos a cero para estas últimas estaciones. Un razonamiento similar se puede realizar mediante el análisis de la desviación standard, siendo ésta algo menor cuando se trata de los ascensos interdiurnos especialmente en estaciones ubicadas al norte de **OCBA**.

1.5. SECUENCIAS DE ASCENSOS Y DESCENSOS INTERDIURNOS.

Se calculó para las 18 estaciones meteorológicas utilizadas, la cantidad de secuencias de ascensos y descensos interdiurnos, graficándose solamente las secuencias de 1 hasta 5 días debido a la baja frecuencia de casos en las secuencias mayores.

Se define secuencia de ascensos (descensos) interdiurnos de temperatura media diaria a la sucesión de ascensos (descensos) consecutivos.

Se llama ascenso (descenso) a:

$$Tm_{d+1} - Tm_d = \Delta Tm_d \begin{cases} > 0 \text{ (ascenso)} \\ < 0 \text{ (descenso)} \end{cases} \quad \text{con } Tm = \text{Temperatura media diaria; } d = \text{día}$$

Si ocurre lo que se muestra a continuación:

$$\Delta Tm_d, \Delta Tm_{d+1}, \Delta Tm_{d+2}, \text{ con } \Delta Tm_d > 0 (< 0), \Delta Tm_{d+1} > 0 (< 0), \Delta Tm_{d+2} > 0 (< 0)$$

Se dice que hay una sucesión de 3 días de ascensos (descensos) interdiurnos de temperatura media diaria. Luego, debido a que la cantidad de días utilizados difería según la estación, se procedió a normalizar la cantidad de secuencias a fin de poder comparar los resultados en todas las estaciones. En cada estación meteorológica se normalizó cada secuencia con respecto al total de secuencias independiente de la duración. De esta manera se pudo determinar, para todas las estaciones analizadas, qué secuencia (1, 2, 3, 4 ó 5 días) predomina por sobre el resto.

1.5.1. ASCENSOS.

Analizando la distribución regional de las secuencias de ascensos interdiurnos (**Figura 1.17**), se observa que al norte de la estación Observatorio Central Buenos Aires (OCBA) el porcentaje de secuencias de 1 día comienza a disminuir hacia el Nor-Noreste del país, a excepción de Santiago del Estero (SGOE) y Salta (SALT) que muestran un comportamiento inverso.

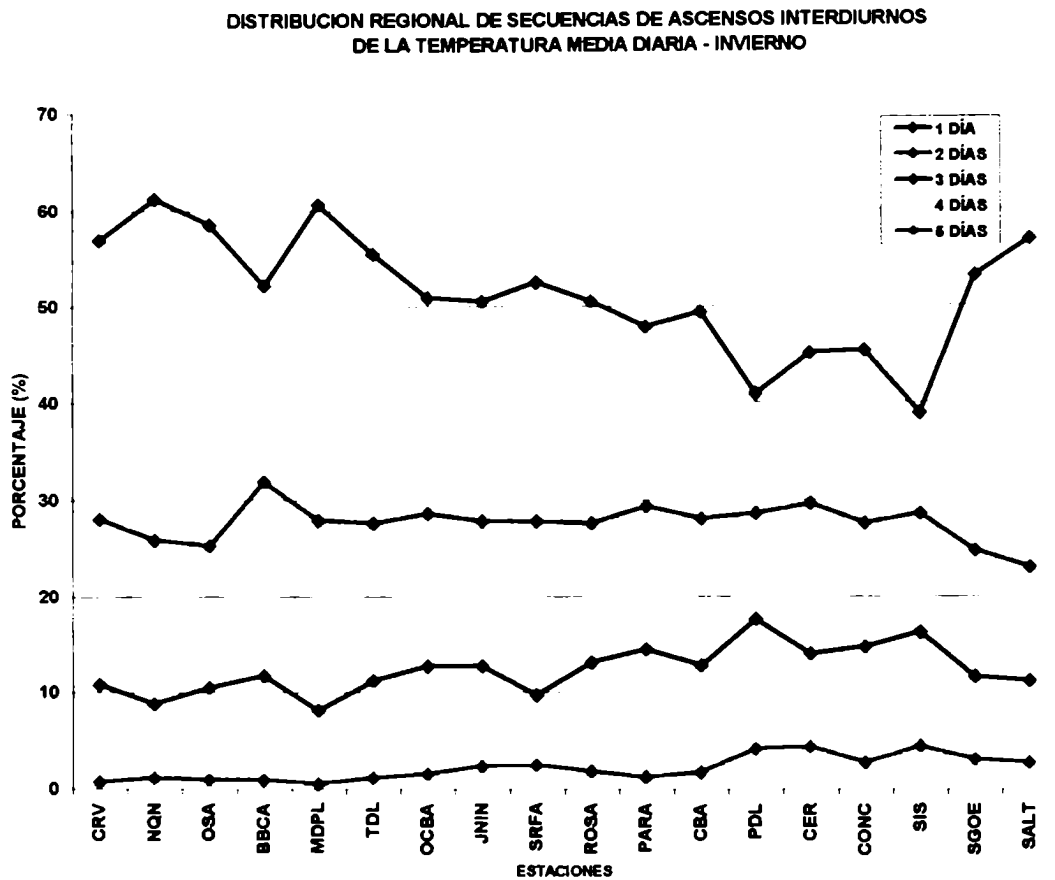


Figura 1.17: Distribución regional de secuencias de ascensos interdiurnos de temperatura media diaria correspondiente al período invernal (Mayo a Septiembre).

Esta disminución hacia el Nor-Noreste del país de las secuencias de 1 día se ve compensado principalmente con el aumento de las secuencias de 3, 4 y 5 días. Las secuencias de 2 días se mantienen prácticamente constantes para todas las estaciones analizadas.

El hecho de tener menor porcentaje de secuencias de 1 día a expensas de un aumento del porcentaje de secuencias más largas, nos indica características de tiempo menos variable o cambiante.

La región Sur, Centro y Noroeste de la Argentina tienen la característica de mostrar un número muy importante de ocurrencia de 1 día de ascenso interdiurno de temperatura media diaria.

El alto porcentaje de secuencias más cortas observadas al sur de **OCBA**, se debe principalmente al frecuente pasaje de perturbaciones sinópticas, observándose claramente en estaciones como Comodoro Rivadavia (**CRV**), Neuquén (**NQN**), y Santa Rosa (**OSA**). En tanto que los máximos observados en el Noroeste, podrían estar asociados a procesos relacionados con la orografía, especialmente en la estación Salta (**SALT**).

En particular, la estación de Bahía Blanca (**BBCA**) presenta un mínimo relativo al resto de las estaciones, en el porcentaje de secuencias de 1 día en detrimento del aumento provocado por el porcentaje de secuencias de 2 y 3 días. Esto podría estar relacionado con el frecuente viento de dirección Noroeste que presenta dicha estación, favoreciendo la ocurrencia de secuencias de días con ascenso de temperatura.

El Litoral Fluvial Argentino en general tiene la característica de mostrar una mayor persistencia en las ocurrencias de días con ascenso de temperatura. Esto estaría asociado a que esta región posee una menor frecuencia de pasajes de frentes fríos que la que se observa en la zona del Río de la Plata (Hoffmann, 1971).

1.5.2. DESCENSOS.

La distribución regional (**Figura 1.18**) muestra un decrecimiento de los porcentajes de secuencias de 1 día a partir de la estación **OCBA** hacia el litoral fluvial argentino.

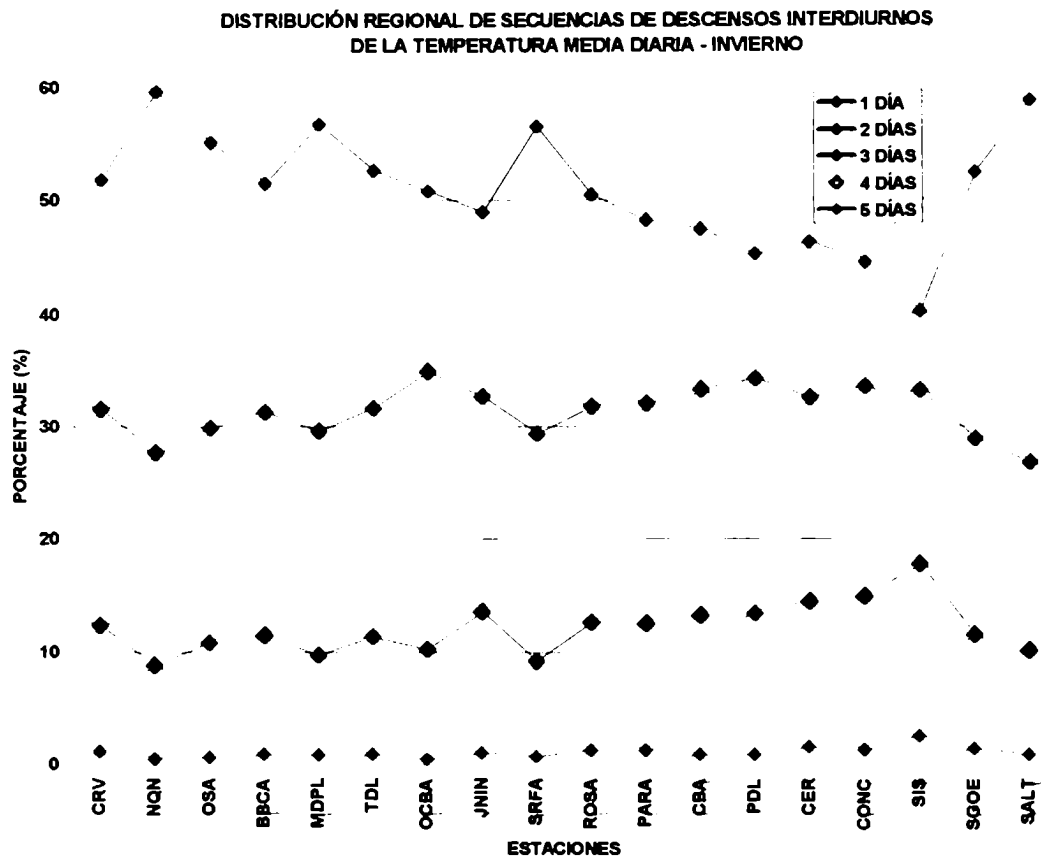


Figura 1.18: Distribución regional de secuencias de descensos interdiurnos de temperatura media diaria correspondiente al periodo invernal (Mayo a Septiembre).

Simultáneamente, este decrecimiento se produce con un aumento en los porcentajes de las secuencias de 2, 3, 4 y 5 días.

La estación SIS presenta el menor porcentaje de secuencias de 1 día compensado principalmente por un aumento en el porcentaje de secuencias de 3 días, mostrando en consecuencia una mayor propensión a la ocurrencia de descensos con mayor persistencia.

Un comportamiento inverso se observa en **NQN**, que muestra los menores porcentajes de secuencias de descensos de 2, 3, 4 y días, debido entre otros factores a la posible interacción entre las ondas sinópticas (tienden a ser más cortas en el tiempo en esas latitudes) y fenómenos de escalas menores como por ejemplo aquellos inducidos por la propia topografía del lugar. Esta combinación de factores podría justificar los cambios de temperatura más frecuentes.

Resumiendo, para el caso de los descensos interdiurnos de temperatura, nuevamente es posible distinguir una diferencia en el comportamiento en las estaciones analizadas. La zona al sur de **OCBA** y Centro Norte tiene la mayor variabilidad. En la zona del Litoral Fluvial Argentino esta variabilidad disminuye a expensas de un aumento en la persistencia.

El comportamiento de la zona sur se debe básicamente a que en el período estudiado se halla en una región muy baroclínica (latitudes medias), lo que provoca un frecuente pasaje de perturbaciones sinópticas. De esta manera se inhibiría la posibilidad de generar secuencias más largas.

Por el contrario, en la región del Litoral Fluvial Argentino las ondas sinópticas tienden a ser más largas por lo que el pasaje de perturbaciones es menos frecuente, aumentando en consecuencia la posibilidad de ocurrencia de secuencias de mayor duración.

En el noroeste del país se observa un comportamiento similar al de la zona sur a pesar de pertenecer a una región con diferente régimen climático. Parecería que en esta zona los descensos tienden a recuperarse más rápido generando en consecuencia mayores porcentajes de secuencias de 1 día.

Si se compara la distribución regional de las secuencias de ascensos y descensos (**Figuras 1.17 y 1.18**) se observan características comunes. En ambos casos quedan conformadas 3 zonas con comportamientos diferentes: la zona Sur, Centro/Noroeste y Litoral o Noreste.

Las principales diferencias aparecen en las secuencias superiores o iguales a 2 días. Las secuencias de 2 días en los ascensos presentan porcentajes algo inferiores al 30% sobre el total de todas las secuencias, mientras que en los descensos los valores respectivos son algo superiores al 30%. Un comportamiento inverso se observa para las secuencias de 3, 4 y 5 días, especialmente al norte de **OCBA**. Es decir, los porcentajes de ascensos correspondientes a secuencias superiores a 2 días son mayores que los de descensos

interdiurnos. Una forma de observar esto último es mediante el análisis de las **Figuras 1.19, 1.20, 1.21, 1.22 y 1.23**. En ellas se presentan para diferentes estaciones meteorológicas correspondiente a las zonas Centro/Noreste y Norte (**OCBA, SIS, PDL, CBA, SALT**) los porcentajes de secuencias de ascensos y descensos en forma simultanea. Se observa que los porcentajes de ascensos son superiores a los de los descensos cuando se trata de secuencias mayores a los 2 días.

Con respecto a la ocurrencia de frecuencias de ascensos y descensos con persistencia mayor que 2 días, se puede observar que las estaciones del Litoral Fluvial Argentino como **SIS (Figura 1.20)** y **PDL (Figura 1.21)** muestran los mayores porcentajes en las secuencias más largas como ser las de 4 y 5 días, en tanto que para las estaciones ubicadas en el sur de la región de estudio los porcentajes en las secuencias más largas son menores. Sin embargo, para secuencias superiores a 3 días predominan la ocurrencia de ascensos sobre los descensos. Estos resultados coinciden con los encontrados por Rusticucci y Vargas (1995) cuando analizaron el comportamiento de las olas de calor y frío sobre el territorio argentino. Observaron que las olas de calor son más persistentes que las frías y que estaciones como Comodoro Rivadavia (**CRV**) y Neuquén (**NQN**) presentaban poca persistencia de masas cálidas debido a que pertenecen a una región de frecuente pasajes de frentes.

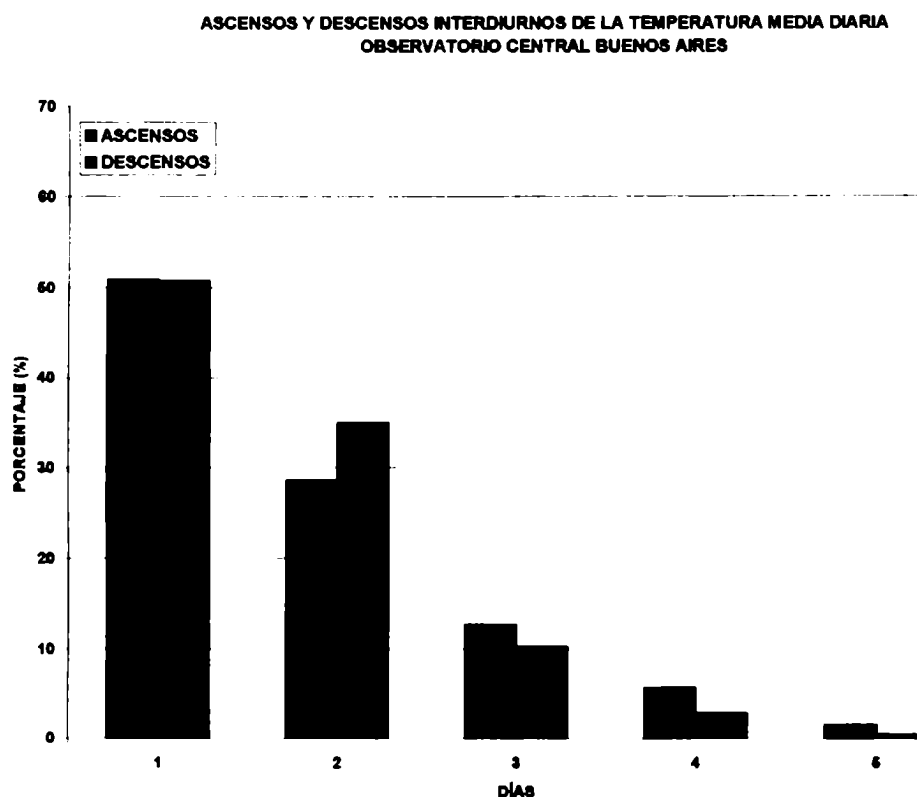


Figura 1.19: Secuencias de ascensos (rojo) y descensos (azul) interdiurnos de la temperatura media diaria en Observatorio Central Buenos Aires (OCBA) correspondiente al período invernal (Mayo a Septiembre).

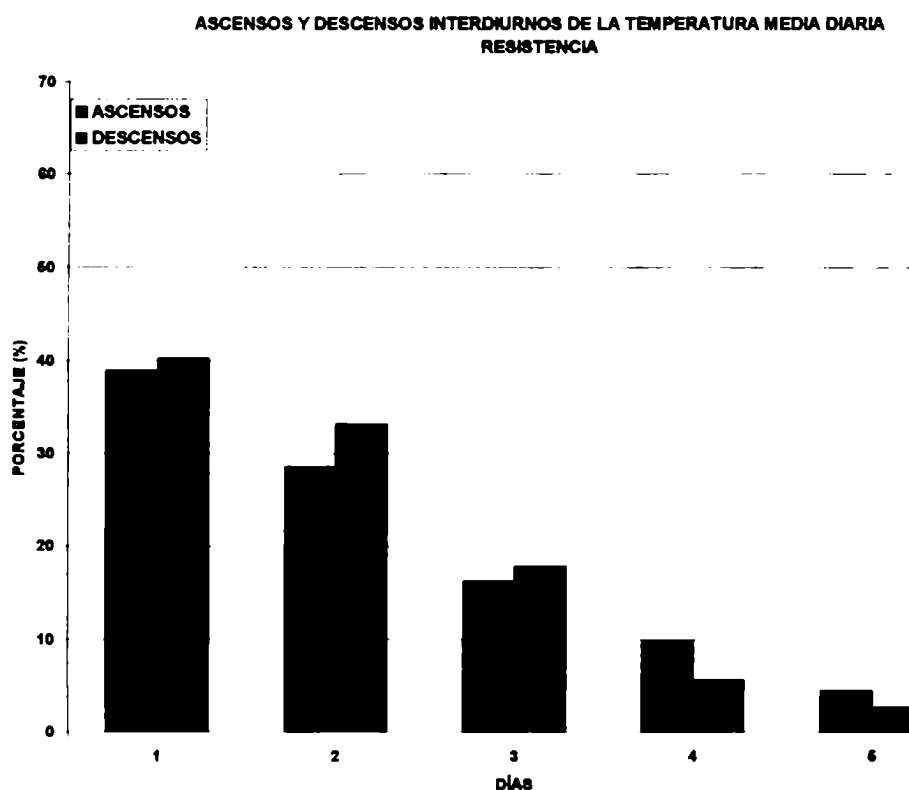


Figura 1.20: Secuencias de ascensos (rojo) y descensos (azul) interdiurnos de la temperatura media diaria en Resistencia (SIS) correspondiente al período invernal (Mayo a Septiembre).

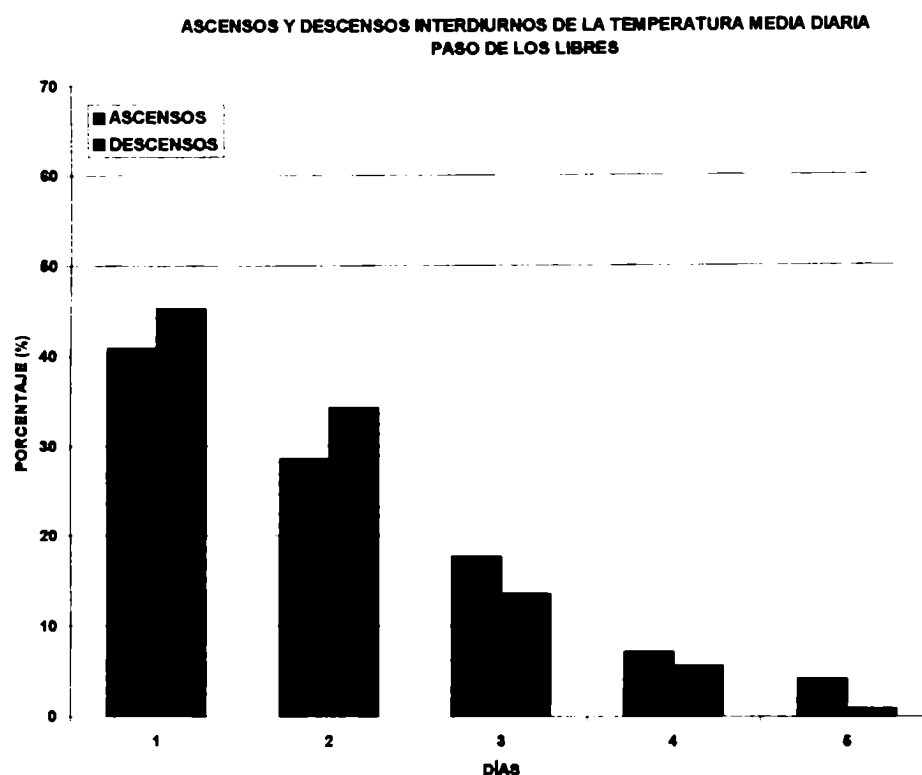


Figura 1.21: Secuencias de ascensos (rojo) y descensos (azul) interdiurnos de la temperatura media diaria en Paso de los Libres (PDL) correspondiente al período invernal (Mayo a Septiembre).

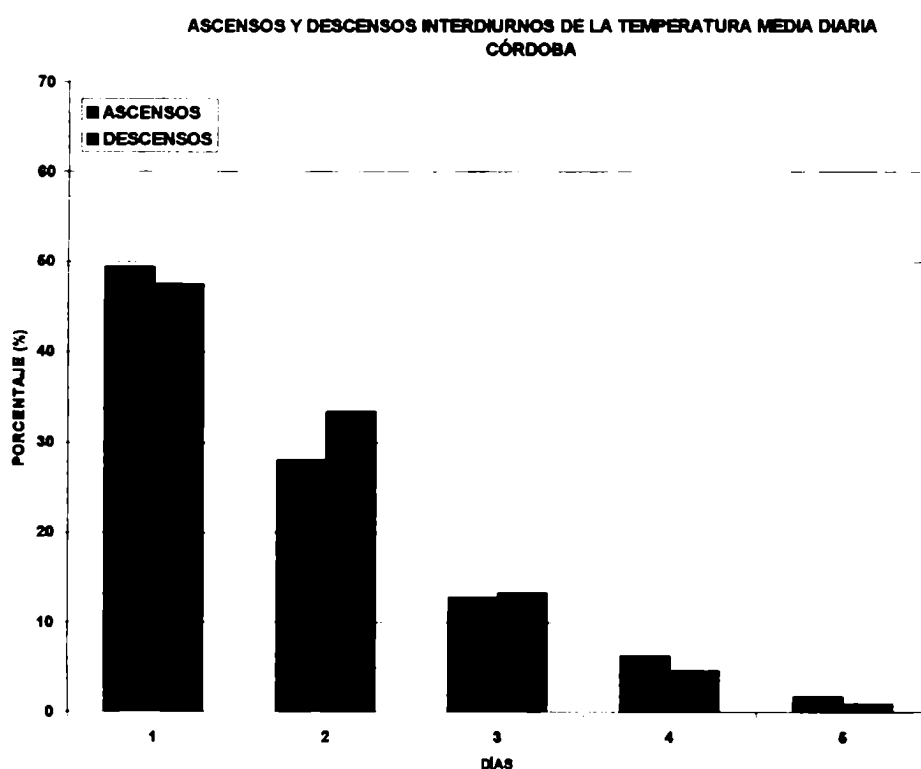


Figura 1.22: Secuencias de ascensos (rojo) y descensos (azul) interdiurnos de la temperatura media diaria en Córdoba (CBA) correspondiente al período invernal (Mayo a Septiembre).

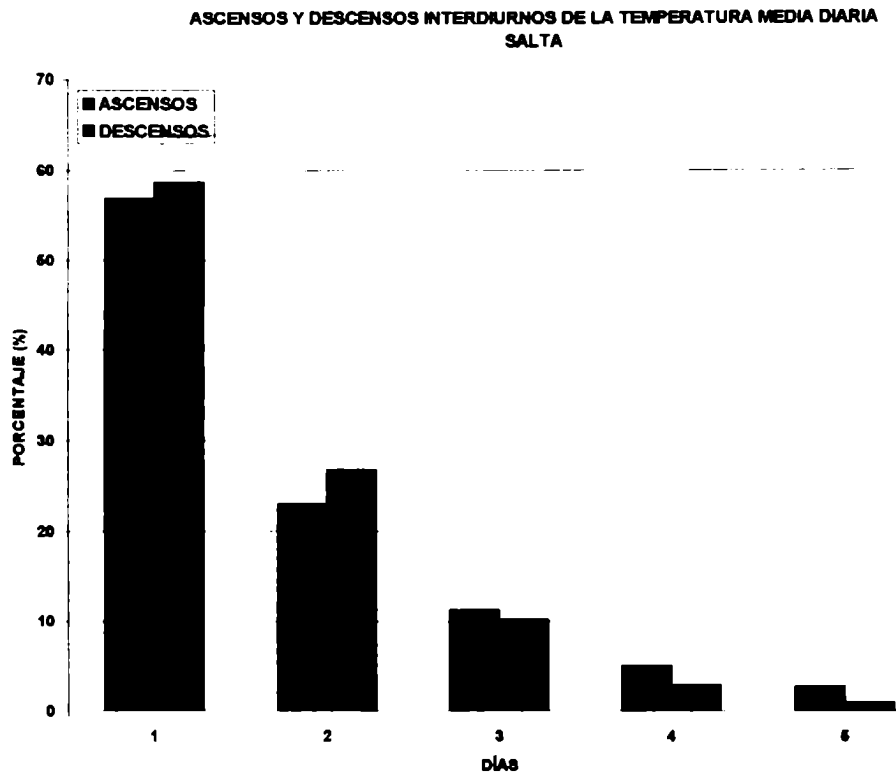


Figura 1.23: Secuencias de ascensos (rojo) y descensos (azul) interdiurnos de la temperatura media diaria en Salta(SALT) correspondiente al período invernal (Mayo a Septiembre).

1.6. ANÁLISIS ESPECTRAL DE LAS SERIES DE VARIACIÓN INTERDIURNA DE LA TEMPERATURA MEDIA DIARIA – INVIERNO.

Para conocer la importancia relativa de las frecuencias en relación con el comportamiento de la variable en estudio se procedió al empleo del método de análisis espectral sobre la serie de variación interdiurna de la temperatura media diaria.

La utilización del cálculo del espectro de potencia permite analizar el comportamiento de una serie temporal en función de las periodicidades o cuasi-periodicidades contenidas en ella.

El problema de evaluar la componente al azar de una serie temporal sin conocer la naturaleza de la misma se ha desarrollado con el concepto de espectro de potencia. Este

análisis fue derivado de principios enunciados por Wiener (1949) y se basa en la premisa de que una serie está compuesta por una cantidad virtualmente infinita de pequeñas oscilaciones extendidas sobre una distribución continua de longitudes de onda. La técnica analítica desarrollada por Fourier (1768-1830) ha tenido un rol importante en el desarrollo de la matemática aplicada.

El análisis de Fourier aplicado a una variable continua pero con valores discretos se ha desarrollado con el nombre de Análisis Armónico o Análisis Espectral (Jenkins and Watts, 1969, Otnes y Enochson, 1972, 1978). Este consiste en un ajuste por cuadrados mínimos de una serie de funciones senos y cosenos a la serie original. La aplicación de esta metodología permite encontrar las periodicidades importantes y significativas presentes en la serie original, con su amplitud y su fase.

En el caso de esta Tesis se procedió a calcular el análisis espectral de dos maneras diferentes, cada una de las cuales implica una interpretación diferente de las características del sistema bajo análisis.

El período de tiempo comprendió los datos diarios de cada uno de los inviernos (junio, julio y agosto) de los años 1967 a 1996. El análisis fue realizado para todas las estaciones meteorológicas utilizadas en esta Tesis.

En primer lugar se analizaron los espectros del período de invierno año a año y luego se procedió a promediar la potencia espectral de cada año para cada frecuencia. La **Figura 1.24** muestra el espectro promedio y los valores máximos y mínimo correspondiente a cada frecuencia en las estaciones Resistencia (SIS), Paso de los Libres (PDL), Buenos Aires (OCBA), Santa Rosa (OSA), Neuquén (NQN) y Comodoro Rivadavia (CRV). El espectro promedio obtenido de esta manera sólo va a identificar los períodos o cuasi-períodos que se encuentren presentes en la mayoría de los años analizados y la amplitud entre la varianza

máxima y mínima en el período de análisis da una idea de la variabilidad de la presencia de cada una de ellos.

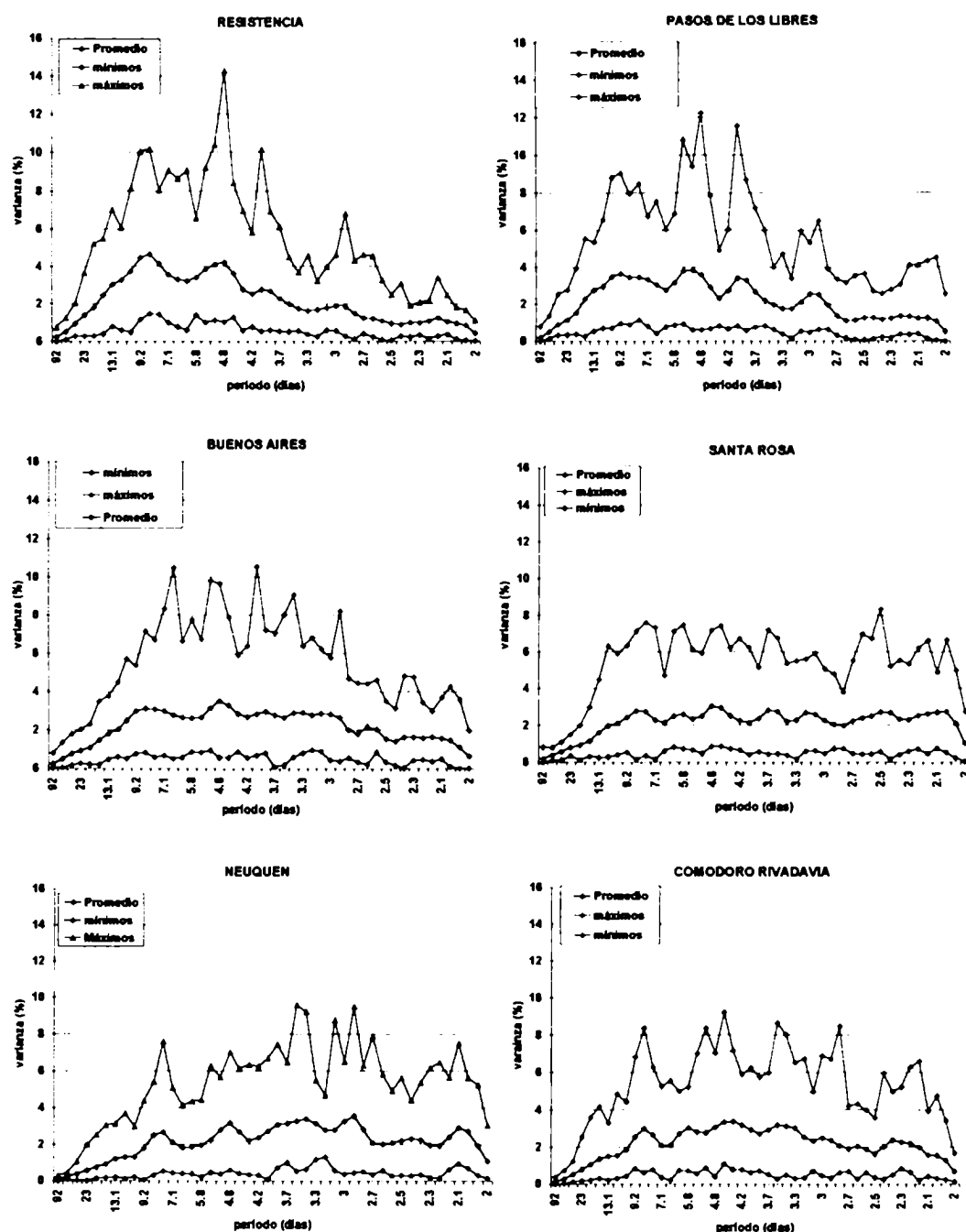


Figura 1.24: Análisis Espectral promedio correspondiente a las estaciones de Resistencia, Pasos de los Libres, Observatorio Central Buenos Aires, Santa Rosa, Neuquén y Comodoro Rivadavia.

En **SIS** y **PDL** (**Figura 1.24 arriba**) se pueden encontrar algunas características importantes en el espectro promedio en periodos cercanos a los 8.4 y 4.8 días. En las ondas de mayor frecuencia correspondientes a 4 y 3 días la potencia espectral es más importante en **PDL**. Esta última característica también se manifiesta en otras estaciones del Litoral Fluvial Argentino lo que indicaría que **SIS** en el espectro medio acumula buena parte de la potencia espectral en dos periodos definidos. En cuanto a **OCBA** y **OSA** (**Figura 1.24 centro**), el espectro medio indica picos espectrales alrededor de 8.4, 4.8, y de los 3 días. La onda más larga es menos importante en estas latitudes que en **SIS**. Resultados similares fueron encontrados por Oliveira (1986) que analizó la distribución media mensual de la frecuencia de pasaje frontales en diferentes bandas de latitudes. La mayor frecuencia de pasaje de sistemas frontales lo halló en el cinturón latitudinal de 35°S-40°S y disminuye hacia el norte, encontrando la menor frecuencia en el cinturón ubicado al norte del paralelo 20°S.

En el noreste argentino los fenómenos de variabilidad interdiurna de la temperatura son mejor representados por ondas de período más largo que en el centro de la Argentina. Este resultado se mostró en 1.5, cuando se analizó la distribución regional de secuencias de ascensos y descensos de temperatura media diaria y se encontró además que la persistencia en el signo de la variación interdiurna era mayor en Resistencia (**SIS**) con respecto al resto de las estaciones analizadas.

En cuanto a Neuquén y Comodoro Rivadavia (**Figura 1.24 abajo**) también se manifiestan picos espectrales en las mismas frecuencias manteniendo las características de las dos estaciones anteriores, aunque las mayores varianzas explicadas están desplazadas hacia periodos comprendidos entre 3 y 4 días.

Con el propósito de analizar el comportamiento regional de las fluctuaciones de ondas cortas y largas, respectivamente, se procedió a sumar las varianzas explicadas por ondas cuyos períodos estaban comprendidos entre 3,7 y 6,6 días y entre 7,1 y 13,1 días respectivamente. Estas varianzas resultantes fueron calculadas de los espectros promedios para cada una de las estaciones analizadas.

De esta manera se separaron los fenómenos meteorológicos que responden principalmente a la escala sinóptica y aquellos asociados a procesos de ondas más largas.

En la **Figura 1.25** se presenta la distribución espacial de la varianza total explicada por los procesos de ondas cortas y largas de acuerdo al criterio mencionado más arriba.

ONDAS COMPRENDIDAS ENTRE 3,7 Y 6,6 DIAS ONDAS COMPRENDIDAS ENTRE 7,1 Y 13,1 DIAS

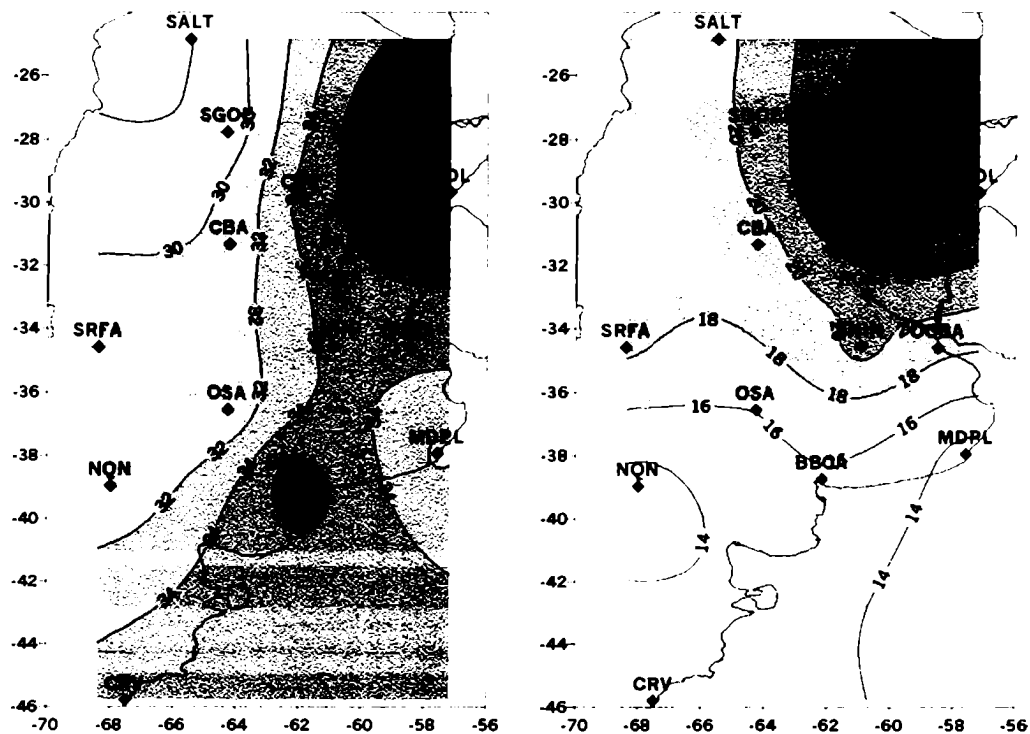


Figura 1.25: Varianza total explicada por ondas comprendidas entre 3,7 y 6,6 días (izquierda) y entre 7,1 y 13 días (derecha) para el período Junio - Agosto.

Analizando en primer término las ondas más cortas (**Figura 1.25 izquierda**), se observa un comportamiento regional bastante homogéneo, en donde los porcentajes varían

entre 28% y 39%. Los mayores valores se hallan en la región del litoral fluvial argentino y en el sur de la Provincia de Buenos Aires, más precisamente en Bahía Blanca. En tanto que los mínimos valores se observan en Santiago del Estero, Salta y Mar del Plata. Puede observarse una disminución en la varianza explicada del este hacia el oeste del país al norte de los 46° S.

Con respecto al comportamiento de las ondas más largas (**Figura 1.25 derecha**), se observa una distribución espacial más heterogénea que la observada para las ondas más cortas. Los mayores valores se observan nuevamente en la región del Litoral fluvial argentino (entre el 22% y el 27% de la varianza) y los menores valores se localizan al sur de Buenos Aires, mostrando en este caso una disminución en la varianza explicada desde el noreste hacia el Sur.

Por otro lado se calculó la serie promedio de la variación interdiurna de temperatura media diaria sobre los 30 años de información. Para ello se aplicó el método de Jones (1964) a la serie de datos de cada invierno y a la serie así obtenida se le aplicó el análisis espectral (Jenkins and Watts (1969)).

La significancia de las periodicidades encontradas en esta serie media se puede obtener a partir del espectro que define la hipótesis "nula" y que se lo llama "continuo nulo" OMM (1966). Como las potencias espectrales se distribuyen según una ley de probabilidad **Ji cuadrado** se utiliza este Test para establecer la significancia de la potencia espectral de las periodicidades contenidas en la serie analizada. Esa significancia se establece en términos de probabilidad a partir del valor del "continuo nulo" y en este caso los límites de confianza se establecieron al 95% y 99%.

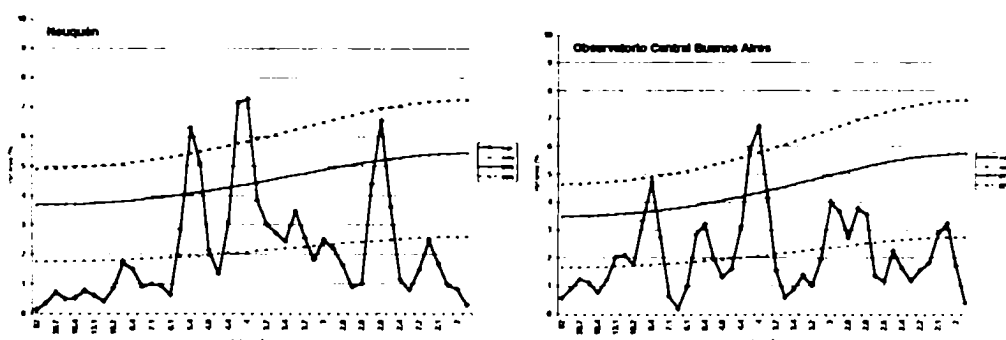
El espectro obtenido sobre esta serie media permite identificar los periodos o cuasi-periodos contenidos en la serie con especial énfasis en aquellos que tienen probabilidad de

ocurrencia en fase en la mayoría de los años analizados. Es decir, se podría pensar en procesos en los cuales la atmósfera en distintos años produce una modulación en estas frecuencias en fechas parecidas. Antecedentes en este sentido se encuentran en Minetti (1990), que trabajando con temperaturas mínimas, máximas y medias semanales en Tucumán observó la posibilidad predictiva en términos climáticos de estas variables identificando singularidades climáticas o condiciones precursoras en algunos momentos del año.

Teniendo presente esta interpretación se puede decir que en general, para la mayoría de las estaciones analizadas el mayor porcentaje de varianza explicada corresponde a periodos que oscilan alrededor de los 4 días, representando fenómenos de escala sinóptica, y no supera el 9% .

Sin embargo el comportamiento regional de las periodicidades contenidas en el análisis muestra que a medida que las estaciones analizadas pertenecen a regiones con régimen subtropical (principalmente las del litoral fluvial argentino), la señal de los 4 días se diluye a expensas de un aumento en la señal de alrededor de 8 a 10 días.

Las **Figura 1.26** muestran el análisis espectral para algunas de las estaciones analizadas. Los gráficos correspondientes muestran el trazado de 4 curvas; una correspondiente al espectro de la serie, y el resto de las curvas representan el continuo nulo, y los límites de significancia al 95% y 99%, respectivamente.



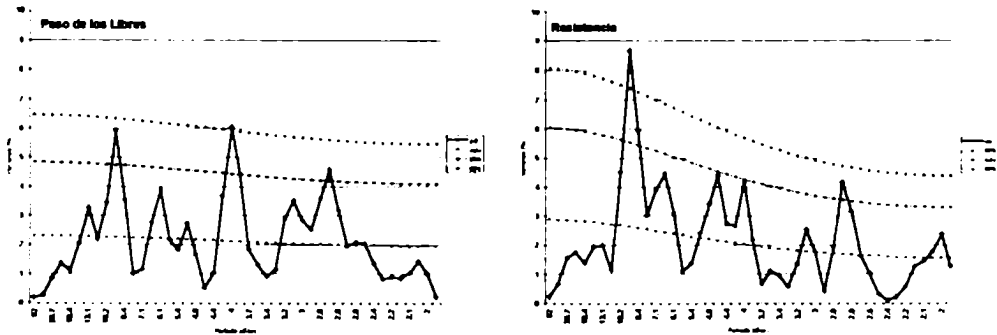


Figura 1.26: Análisis Espectral de la serie promedio correspondiente a las estaciones de Neuquén, Observatorio Central Buenos Aires, Pasos de los Libres y Resistencia.

Por ejemplo, las estaciones de **NQN**, **OCBA**, **PDL** muestran la señal de la onda sinóptica con significancia mayor o igual al 99%, en tanto que en la estación de **SIS** pierde importancia no llegando a superar la significancia del 95%. Para esta estación hay que rescatar el máximo para una onda comprendida en los períodos de 8 y 10 días significativa al 99%.

En una comparación entre el espectro medio de **SIS** (Figura 1.25 arriba) y el espectro de la serie media de **SIS** (Figura 1.26 abajo), se puede inferir que la onda cuyo periodo está comprendido entre 8,4 y 10,2 días es importante en ambos casos indicando que no sólo está bien identificada durante varios años sino que además tiene una preponderancia a tener una fase determinada. En cuanto a la onda que está entre 4 y 5,4 días que se la puede identificar claramente en el espectro medio parece no tener una condición de fase tan bien definida como en los períodos más arriba analizados.

En Buenos Aires (**OCBA**) en cambio, la onda de alrededor de 4 días es la que está mejor definida en ambos casos (Figura 1.25 centro y Figura 1.26 arriba).

Estudios tendientes a comprender mejor estas singularidades del sistema climático asociadas a la variación interdiurna de la temperatura media diaria no son el objetivo de esta tesis sin embargo puede considerarse un tema para desarrollar en el futuro.

1.6. 1. VARIABILIDAD INTERANUAL DE LOS PROCESOS DE ESCALA SINOPTICA.

Con el fin de estudiar la variabilidad interanual de las periodicidades asociadas a la escala sinóptica, se procedió a agrupar las ondas cuyos periodos estaban asociados a esta escala. Este procedimiento fue realizado para todas las estaciones meteorológicas.

Para tal fin, se seleccionaron las ondas cuyos periodos estaban comprendidos entre 3,5 y 6,6 días, y se seleccionó como varianza de la banda el máximo encontrado en ella. A continuación se analizó su variabilidad en los distintos años analizados, permitiendo establecer algunas características interesantes.

La **Figura 1.27** muestra en forma conjunta, para toda la región, dos máximos importantes de varianza explicada (1982 y 1985) y un máximo secundario (1990). Aún cuando estos máximos están bien definidos en el conjunto, no todas las estaciones tienen el mismo comportamiento.

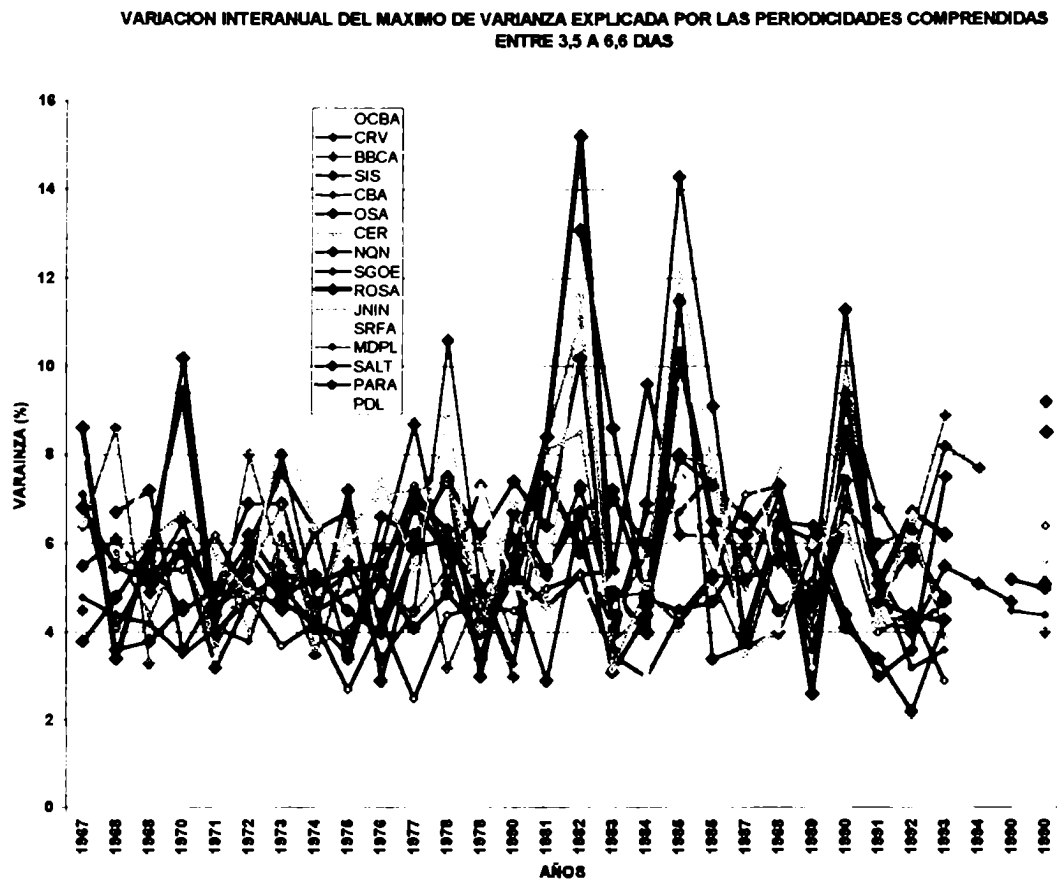


Figura 1.27: Variación interanual del máximo de varianza explicada por las periodicidades comprendidas entre 3,5 a 6,6 días.

Con el fin de establecer cuál es el comportamiento de las diferentes estaciones o regiones en forma particular, se realizó el análisis siguiente:

La región conformada principalmente por estaciones del norte de la provincia de Buenos Aires y Litoral Fluvial Argentino (Buenos Aires (OCBA), Junín (JNIN), Rosario (ROSA), Paraná (PARA), Ceres (CER), Pasos de los Libres (PDL) y Resistencia (SIS))(Figura 1.28) muestra claramente que la máxima varianza para las ondas comprendidas en estos períodos se observa en 1982 y 1985, y un máximo secundario en 1990.

Es importante destacar que todas las estaciones manifiestan estos máximos teniendo más relevancia las estaciones ubicadas al norte de Buenos Aires (OCBA). Entre ambos

máximos aparece un mínimo entre 1983 y 1984 y en el resto de los años analizados no es posible observar un comportamiento tan definido en todas las estaciones.

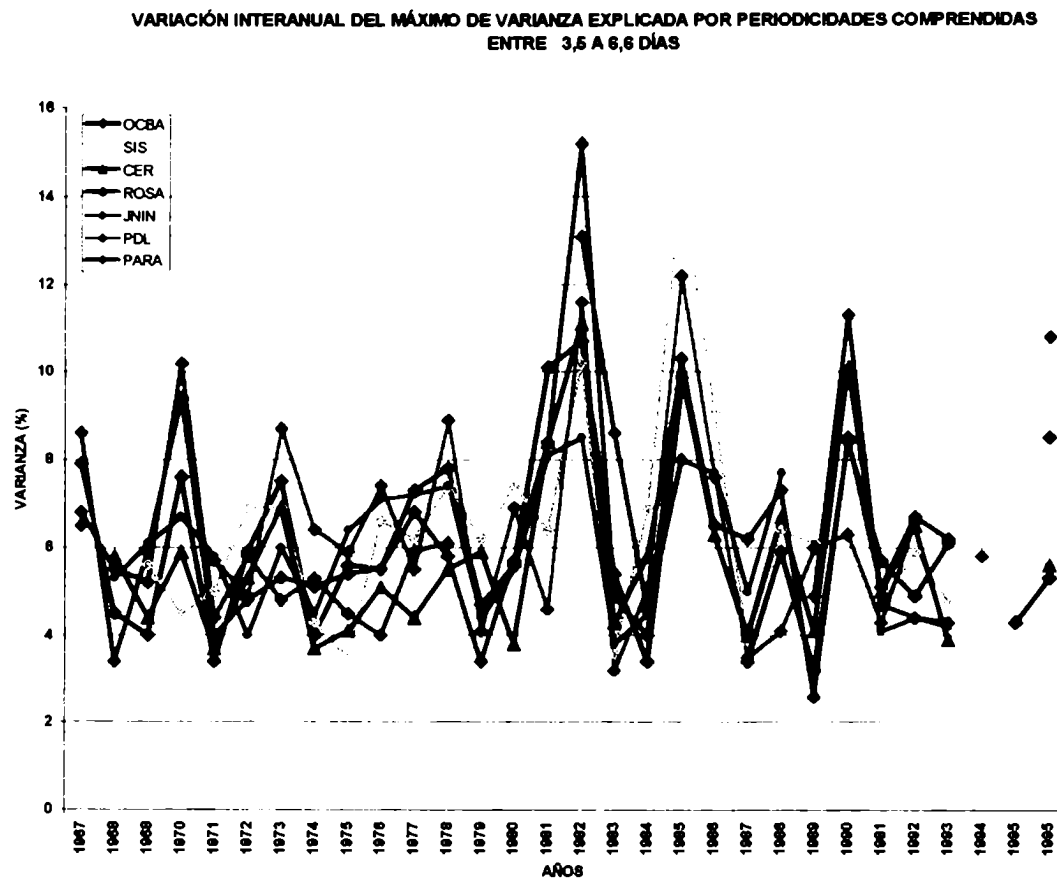


Figura 1.28: Variación interanual del máximo de varianza explicada por las periodicidades comprendidas entre 3,5 a 6,6 días.

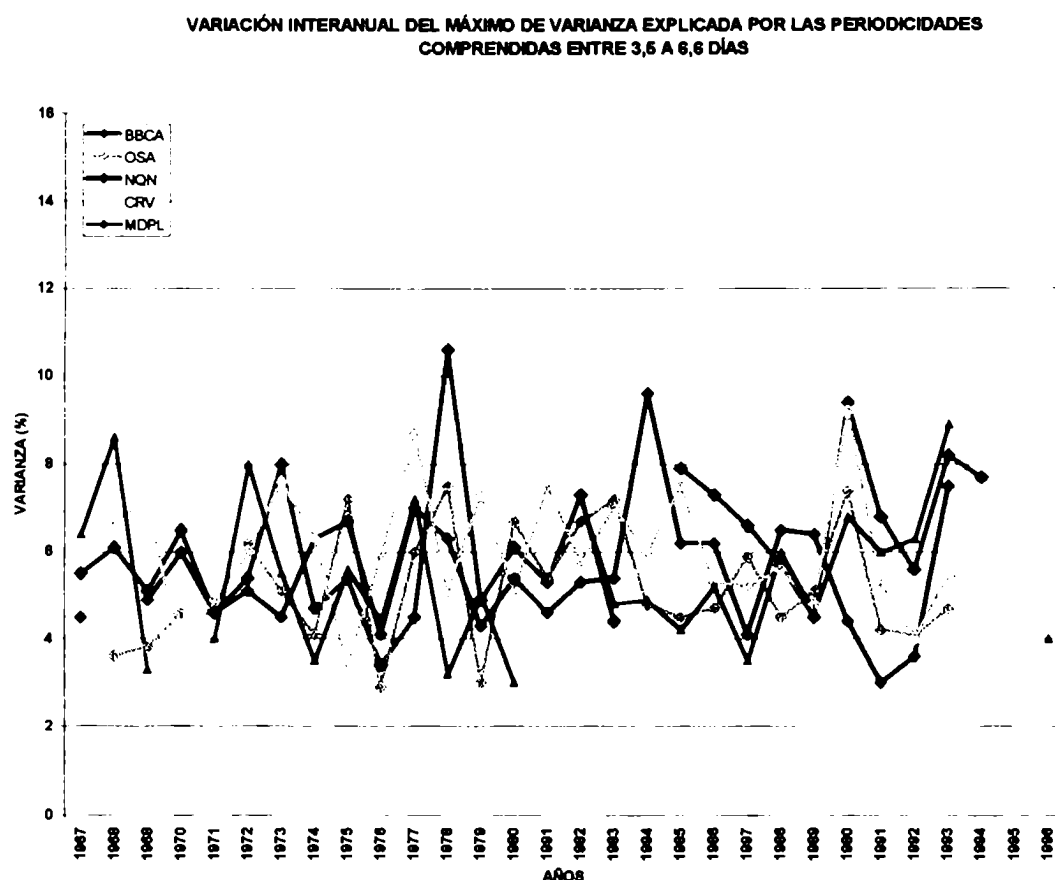


Figura 1.29: Variación interanual del máximo de varianza explicada por las periodicidades comprendidas entre 3,5 a 6,6 días.

En las estaciones ubicadas al sur de (OCBA)(Bahía Blanca (BBCA), Santa Rosa (OSA), Mar del Plata (MDPL), Neuquén (NQN) y Comodoro Rivadavia (CRV))(Figura 1.29), se observa un comportamiento más irregular entre ellas y no se puede identificar una característica de la región, como en el caso anterior. Sin embargo puede destacarse un máximo en 1990 para casi todas las estaciones de esta región.

En las estaciones ubicadas en el centro norte del país (Córdoba (CBA), Santiago del Estero (SGOE) y Salta (SALT)) (Figura 1.30) también se observó un comportamiento bastante irregular para todas ellas, apenas se pudo destacar un máximo durante el año 1985 en la estación SALT.

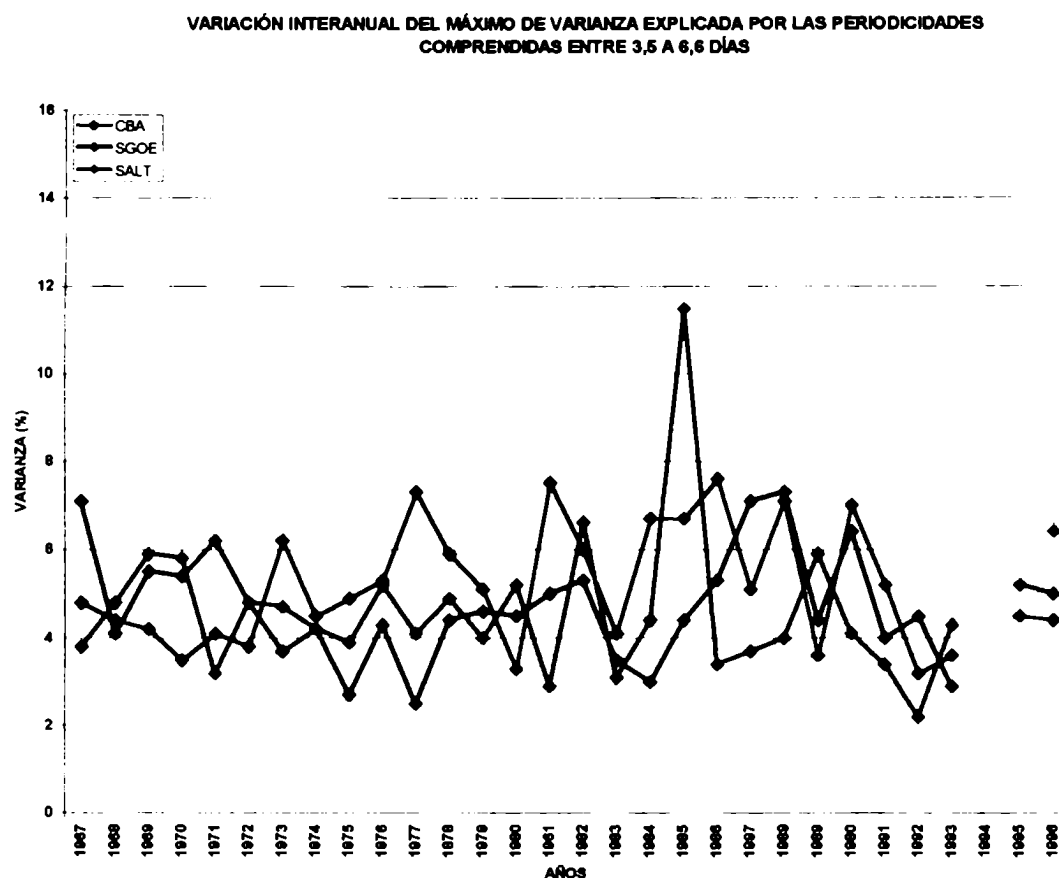


Figura 1.30: Variación interanual del máximo de varianza explicada por las periodicidades comprendidas entre 3,5 a 6,6 días.

Este análisis permitiría inferir un comportamiento diferente de la variación interdiurna de la temperatura en toda la región analizada para las ondas comprendidas en la banda de 3,5 a 6,6 días. En particular, se pueden destacar los máximos que se manifiestan en el Litoral Fluvial Argentino en los años 1982 (Niño intenso), 1990 (neutro) y 1985 (neutro). Con menos intensidad se presentan otros máximos secundarios en esta región en los años 1970 (Niña moderada), 1973 (Niña intensa) y 1988 (Niña moderada) y que se pueden definir como una característica regional. Esto no puede observarse en las otras dos regiones analizadas (**Figuras 1.29 y 1.30**). La intensidad de los eventos Niño y Niña fue obtenida de la clasificación realizada por Wolter and Timlin (1998).

De manera similar se tomó la máxima varianza explicada para las ondas de período 3,7 a 4,4 días identificando procesos de escala sinóptica pero en el extremo de las más cortas.

El análisis conjunto (**Figura 1.31**) permitió identificar un máximo de varianza explicada en el año 1982 para la mayoría de las estaciones analizadas (a excepción de San Rafael (SRFA) y Santa Rosa (OSA)). Al igual que en el caso anterior se realizó una análisis por regiones.

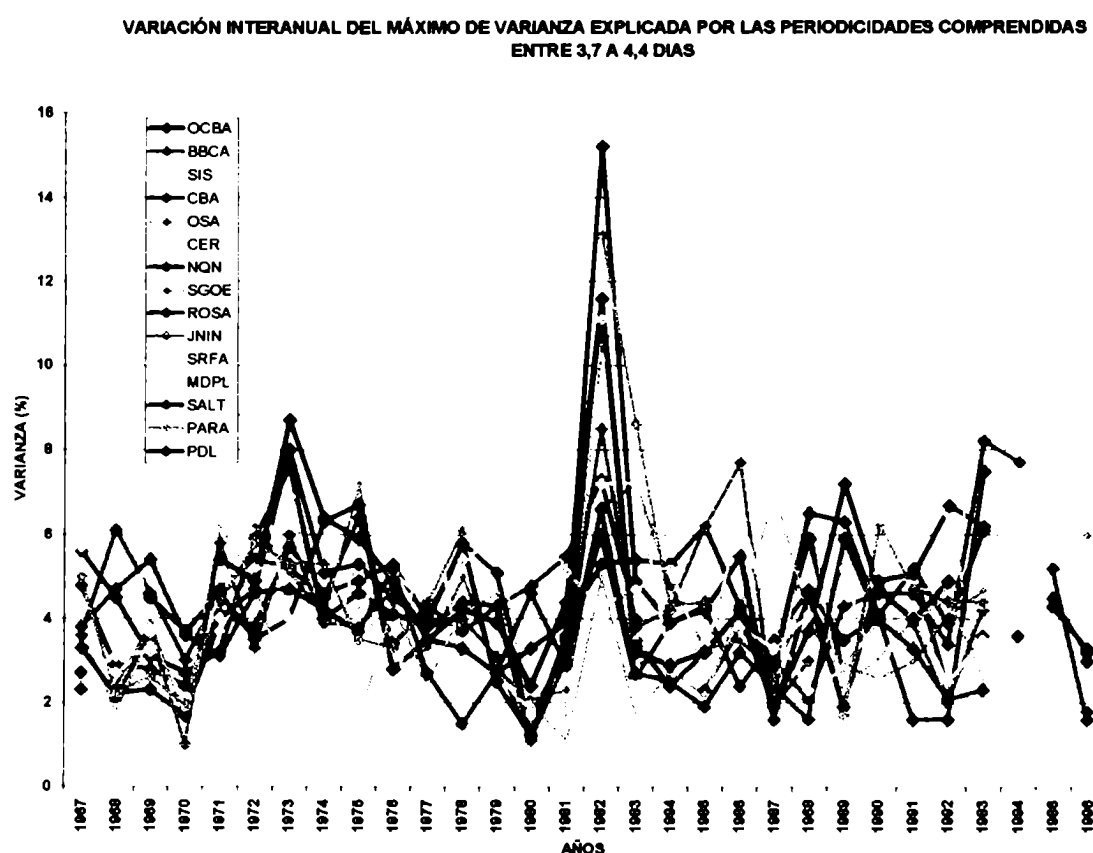


Figura 1.31: Variación interanual del máximo de varianza explicada por las periodicidades comprendidas entre 3,7 a 4,4 días.

En la región compuesta mayoritariamente por estaciones del norte de la provincia de Buenos Aires y Litoral Fluvial Argentino (**Figura 1.32**) se observa un máximo absoluto para todas las estaciones en 1982 y un máximo secundario en 1973. Nuevamente puede identificarse en este caso un comportamiento de la región. Se puede destacar que el máximo

relativo de varianza explicada que ocurre en 1973 está contenida en una variación entre los años 1970 y 1980, indicando una cierta periodicidad en su presencia a diferencia de lo que ocurre en 1982 con características más puntuales.

En la región ubicada al sur (**Figura 1.33**) no se observan señales regionales destacadas a través de los años.

En la región Centro Norte (**Figura 1.34**) no hay una señal clara de la presencia las ondas contenidas en los periodos analizados. Apenas se puede observar un máximo, común para las tres estaciones, en el año 1982, pero no tan importante como el observado en la región del litoral.

Otra detalle a comentar es el comportamiento de la estación Santiago del Estero (SGOE), que presenta tres máximos relativos en los años 1973, 1982 y 1987.

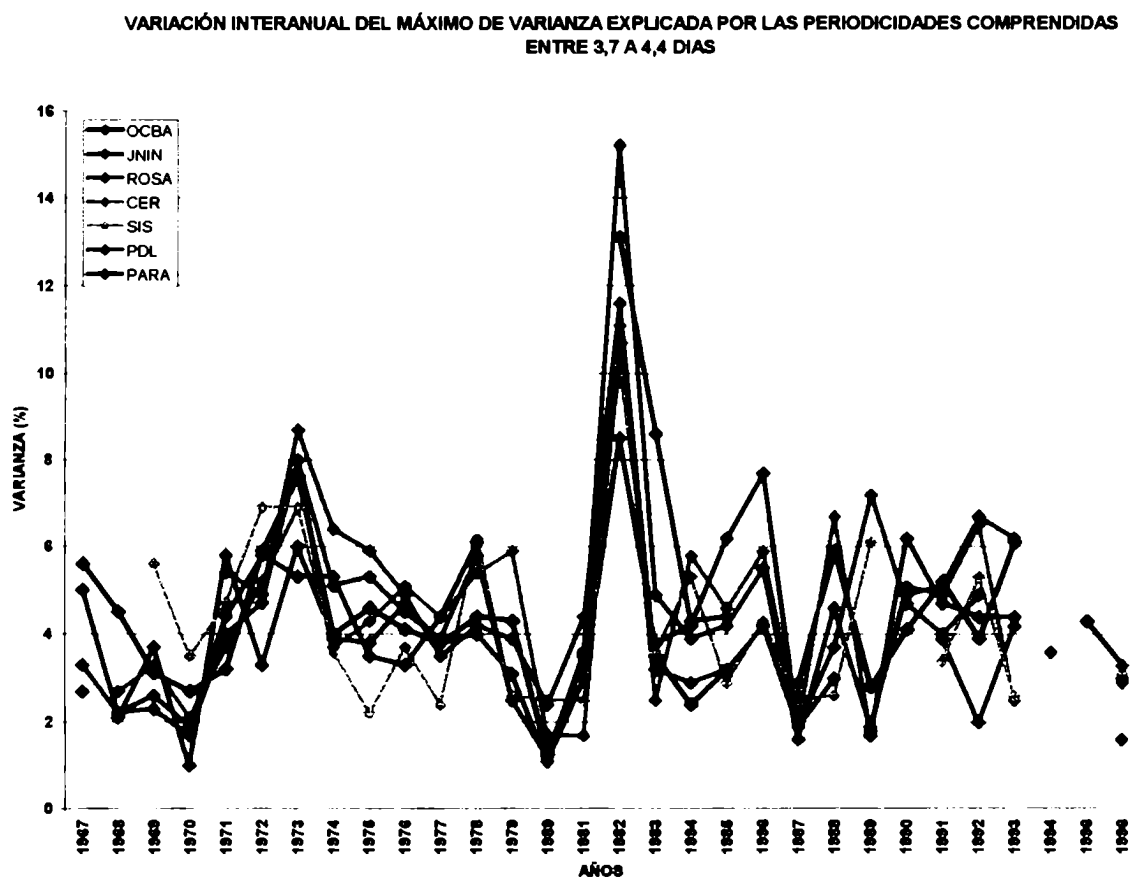


Figura 1.32: Variación interanual del máximo de varianza explicada por las periodicidades comprendidas entre 3,7 a 4,4 días.

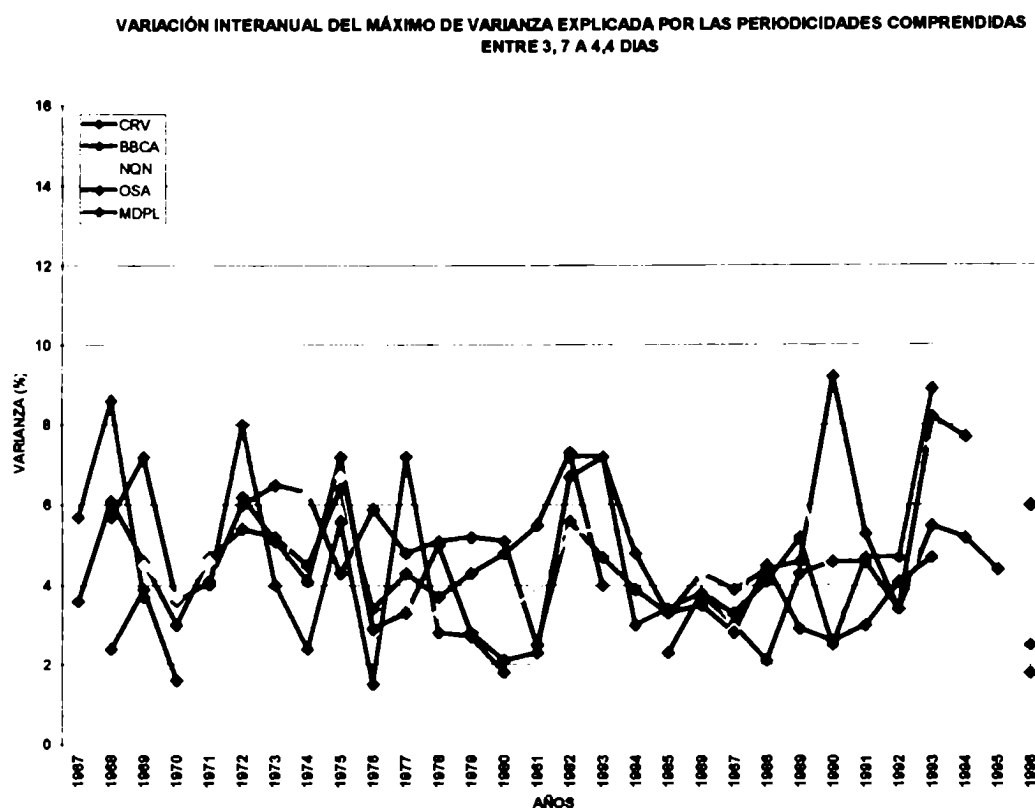


Figura 1.33: Variación interanual del máximo de varianza explicada por las periodicidades comprendidas entre 3,7 a 4,4 días.

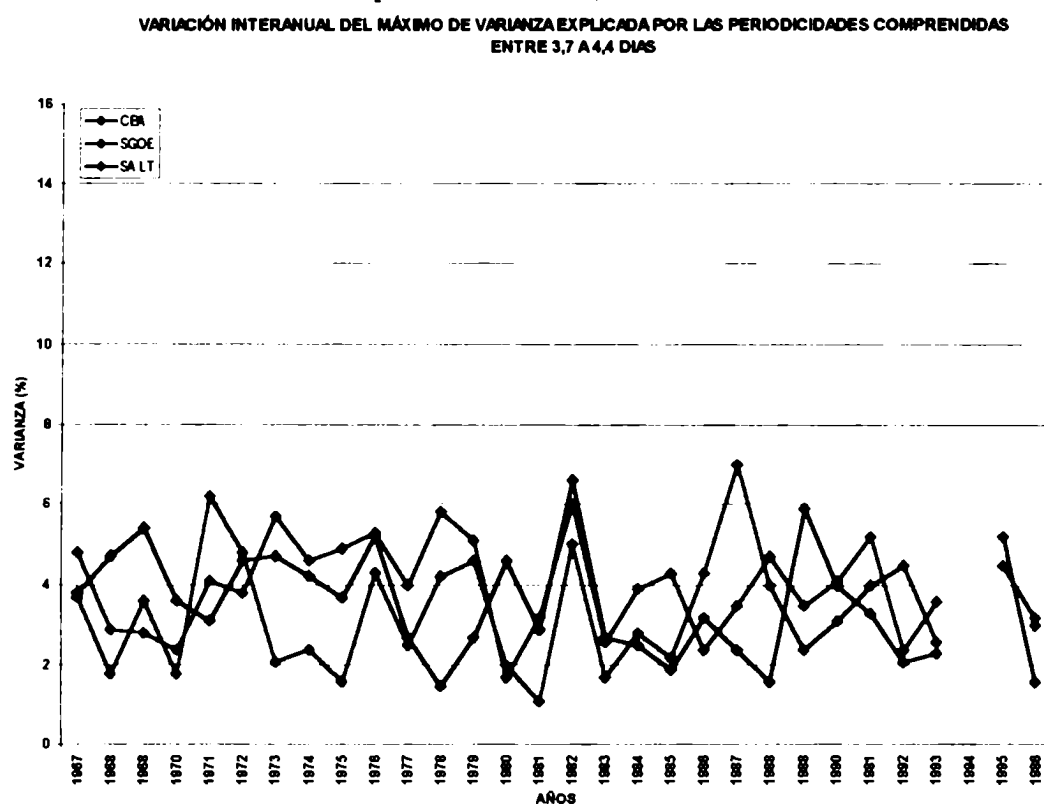


Figura 1.34: Variación interanual del máximo de varianza explicada por las periodicidades comprendidas entre 3,7 a 4,4 días.

1.7. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO 1.

El estudio de la temperatura media diaria y su variación interdiurna permitió establecer las siguientes características acerca de su comportamiento espacial y temporal en el período de estudio que comprende los meses de Mayo a Setiembre en el período 1967 / 1996 y abarca principalmente la zona Centro, Norte y Noreste de Argentina.

La mayor variabilidad de la **temperatura media diaria** se encuentra en el sector norte de la región de análisis, mostrando a **SIS, CER y SGOE** como las estaciones con los máximos valores. Esto indica que es en esta región dónde se producen los mayores cambios de temperatura media diaria y estaría relacionado con el pasaje de perturbaciones sinópticas que la afectan durante esta época del año.

La asimetría de la distribución es positiva en todas las estaciones para el período considerado. Esto muestra que el signo de este parámetro está definido por la irrupción de algunas masas de aire cálidas en la región en estudio. Julio y Agosto son los meses en los cuales se observan los valores más altos de asimetría para la mayoría de las estaciones, en tanto Mayo es el mes que presenta los valores más bajos de asimetría. Son la excepción a este comportamiento del mes de mayo **MDPL** y **TDL** donde el mínimo se produce durante Setiembre.

La **variación interdiurna de la temperatura media diaria** muestra dos zonas de máxima variabilidad, una al norte y otra al sur de la región de análisis. La máxima variabilidad encontrada especialmente en la región del Litoral podría deberse a cambios de tiempo más frecuentes debido al pasaje de perturbaciones sinópticas y a las usuales tormentas de masas de aire que son comunes en esta región. En tanto que la región sur del área de estudio muestra una mayor variabilidad debido principalmente al predominio del pasaje de sistemas sinópticos. En el centro de la Argentina y en una franja definida por las estaciones **SRFA, JNIN, OCBA, TDL, MDPL** esta

variabilidad es mínima y estaría identificando una zona de transición para el comportamiento de este parámetro.

A diferencia de la temperatura media diaria, la variación interdiurna de la temperatura media se identifica con asimetría negativa en todas las estaciones ubicadas al norte de **OCBA**. Al sur de ella las asimetrías son prácticamente nulas. Setiembre es el mes que aporta los mayores valores de asimetría negativa en la mayoría de las estaciones mientras que Junio es el mes en el cual la asimetría es menos negativa o positiva dependiendo de la estación. Esto último indica que, al norte de **OCBA**, los descensos interdiurnos de temperatura son más marcados o intensos a comienzos de primavera que en invierno.

El análisis de los **descensos interdiurnos de la temperatura media diaria** mostró que los mayores valores absolutos medios de descensos en todo el período de análisis se encuentran en las estaciones del Litoral Fluvial Argentino. En particular los mayores descensos interdiurnos se manifiestan en Setiembre y podrían estar asociados al cambio de estación (fin del invierno y comienzo de la primavera) con la excepción de **SGOE** y **CBA** donde estos valores extremos se detectan en Julio. Los descensos interdiurnos más pequeños se encuentran en Junio.

La región del Litoral Fluvial Argentino mostró los mayores valores de la desviación estándar de los descensos interdiurnos de temperatura media diaria. Estos estarían asociados a la importancia que adquiere la componente advectiva, provocando en consecuencia amplitudes diarias de temperatura mayores. Este factor se combina con la entrada de masas de aire frío y potencia la ocurrencia de tormentas, generando en consecuencia descensos de temperatura más intensos y desvíos mayores.

La asimetría de la distribución de los descensos interdiurnos de la temperatura media diaria indica que hay descensos de gran amplitud que, aunque en número muy pequeño, juegan un rol

importante en la determinación de este parámetro. Los valores más negativos se ubican en el Centro, Norte y Noreste de la Argentina mostrando la importancia de irrupciones de aire frío en esta región. En particular **OCBA**, **JNIN**, **ROSA** y **PARA** muestran en Agosto los coeficientes negativos más altos pudiendo estar asociados a la ocurrencia de tormentas de masa de aire y líneas de inestabilidad en su relación con el cambio estacional de la circulación.

El análisis de secuencias de ascensos y descensos interdiurnos de temperatura media diaria permitió inferir que la región del Litoral Fluvial Argentino es la que se identifica con la mayor persistencia de días con ascensos y descensos (muestra la mayor frecuencia de secuencias de tres, cuatro y cinco días).

El diferente comportamiento en la persistencia de ascensos y descensos a lo largo de la zona de estudio se puede vincular con la estructura de la atmósfera en el período de estudio, con el pasaje de sistemas migratorios, con la baroclinicidad y el régimen climático que afecta las estaciones estudiadas.

Los resultados obtenidos a través del análisis espectral promedio aplicado a la serie diaria de la variación interdiurna de la temperatura media diaria mostraron que en el noreste argentino los fenómenos de variabilidad interdiurna de la temperatura media diaria son mejor representados por ondas de período más largo que en el centro de la Argentina.

La distribución espacial de la varianza explicada para ondas comprendidas en la banda de los procesos sinópticos (3.7 a 6.6 días) se comporta de manera bastante homogénea en toda la región de análisis. Sin embargo, se pudo identificar una zona con mayores porcentajes de varianzas que se hallaba conformada principalmente por estaciones del Litoral Fluvial Argentino. Un análisis similar para ondas mas largas (7,1 a 13,0 días) mostró que la mayor varianza se encuentra nuevamente en la región del Litoral Fluvial Argentino y disminuye hacia el sur del área analizada.

Estos resultados están de acuerdo con los discutidos anteriormente relacionados con la persistencia.

El análisis espectral aplicado a la serie promedio de la variación interdiurna de la temperatura media diaria mostró que, a medida que las estaciones analizadas pertenecen a regiones con régimen subtropical (principalmente las del Litoral Fluvial Argentino), la señal de los 4 días se diluye a expensas de un aumento en la señal de alrededor de 8 a 10 días.

Comparando ambos análisis se puede inferir que en Resistencia la onda cuyo periodo está comprendido entre 8,4 y 10,2 está bien identificada durante varios años y además tiene una preponderancia a tener una fase determinada. Lo mismo ocurrió en Buenos Aires pero para las ondas comprendidas entre 4 y 5,4.

La **variabilidad interanual del máximo de varianza explicada** para bandas de ondas asociadas a procesos de escala sinóptica (3,7 a 6,6 días) mostró la presencia de dos máximos identificados en los años 1982 y 1985. También se pudo observar un máximo secundario en el año 1990. Al mismo tiempo pudo observarse mínimos en 1983 y 1984. Los tres primeros máximos están bien identificados en las estaciones desde **OCBA** al norte sobre el Litoral Fluvial Argentino y no es posible identificar una característica similar en el resto de la región. Hasta el momento estos resultados muestran sólo un diagnóstico del comportamiento de la variabilidad interanual de la temperatura. Sería interesante pensar en el desarrollo de investigaciones futuras tendientes a analizar los campos de circulación asociados a las diferencias en la presencia de los sistemas de escala sinóptica tal como se mencionó mas arriba.

En forma similar un análisis para las ondas asociadas a procesos de escala sinóptica pero en el extremo de las más cortas (3,7 a 4,4 días), fue posible identificar un máximo de varianza explicada en 1982 que al igual que en caso anterior se corresponde con las estaciones al norte de **OCBA** sobre el Litoral Fluvial Argentino. Sin embargo para esta banda en particular se notó mínimos en

la varianza explicada en 1970 y 1980 con su máximo entre 1973 y 1974. Si se tiene en cuenta que toda esta región se encuentra afectada por el borde occidental del Anticiclón del Atlántico tal vez habría que pensar a estas fluctuaciones de temperatura relacionadas con variabilidad en la circulación.

CAPÍTULO 2

DEFINICIÓN Y ESTUDIO DE LOS DESCENSOS INTENSOS SIGNIFICATIVOS DE TEMPERATURA MEDIA DIARIA

2.1. DESCENSOS INTENSOS DE TEMPERATURA (DIT).

Dado que el interés de esta tesis está focalizado en los descensos interdiurnos intensos de temperatura, a continuación se definirá un criterio que permita distinguirlos.

La magnitud de los descensos de temperatura provocada principalmente por el pasaje de las perturbaciones sinópticas sobre la región central del país, está determinada por la trayectoria y el origen de masas de aire frío. Sin embargo, el contraste térmico luego del cambio de temperatura será también influenciado por las condiciones previas del estado del tiempo a la ocurrencia del descenso.

Si las temperaturas prevalecientes el día anterior a la llegada del aire frío están por encima de los valores medios del mes correspondiente, entonces a igual magnitud de enfriamiento el efecto será diferente si la temperatura final se mantiene por encima del valor medio o se encuentra por debajo de él. Por lo tanto, para definir la ocurrencia de un **Descenso Intenso Significativo de Temperatura (DIST)**, relacionado principalmente con el pasaje de frentes fríos, será necesario considerar no sólo la magnitud del descenso interdiurno de temperatura media diaria sino también la temperatura media del día anterior y la del día de la ocurrencia del descenso (temperatura final).

Existe escasa bibliografía referida puntualmente a la detección de **Descensos Intensos**

Significativos de Temperatura, sin embargo se puede encontrar referencias que consideran diferentes criterios para detectar irrupciones u olas de aire frío.

Schwerdtfeger (1952) estudió las condiciones que favorecen mucho a un empuje de aire frío desde latitudes polares o subpolares hacia las provincias argentinas entre los 40°S y 30°S de latitud. Las condiciones favorables encontradas fueron: a) Valores de la presión relativamente altos sobre el Sur de la Patagonia y bajos a lo largo del paralelo 35°; b) Negativa la variación interdiurna de la presión en esta zona; c) Con la temperatura superior a la media normal.

Rusticucci y Vargas (1995) realizaron una clasificación sinóptica de situaciones asociadas a olas de frío y calor. Para detectar las olas utilizaron las anomalías de temperatura, que se obtuvieron restando al dato los valores de las ondas media anual y diaria, respectivamente.

Garreaud (2000) estudió la estructura media y la evolución de las incursiones de aire frío sobre Sudamérica subtropical. Para seleccionar los días asociados a dichos eventos, utilizó un criterio basado en la tendencia diaria de la presión atmosférica en un punto de grilla situado en 25°S, 57,5°O. Luego trabajó con aquellos casos que se hallaban incluidos dentro del 10% superior de la distribución estacional de frecuencia de dicha variable. A continuación, para asegurarse que el marcado aumento de la presión estuviera asociado con el pasaje de un intenso anticiclón, retuvo aquellos episodios en los cuales la presión, luego del ascenso, fuera superior a igual a 1020 hPa para invierno (Mayo a Septiembre). Luego verificó que los casos seleccionados se hallaban asociados a descensos intensos de temperatura, aún cuando el criterio no contemplaba a la temperatura.

Nocera et al (2000) realizaron una climatología de las irrupciones de aire frío en Sudamérica a través de un análisis subjetivo basado en características pertenecientes a la

escala sinóptica y en la localización geográfica de la irrupción de aire frío. Para ello, el criterio empleado en la selección de casos consistió en la utilización de las cartas de 1000 hPa y espesor 850/1000, las cuales le permitieron a los autores clasificar las irrupciones de aire frío en 4 tipos de modelos de circulación. Además, para todos estos modelos también se realizó una clasificación de acuerdo a la intensidad de las irrupciones.

La mayoría de estos criterios utilizados para la selección de casos relacionados con incursiones de aire frío o eventualmente olas de frío en una determinada región no tienen en cuenta las condiciones térmicas prevalecientes durante los días anteriores al evento. De esta manera las situaciones meteorológicas asociadas pueden no contemplar el cambio brusco de temperatura ya que hacen hincapié únicamente en la temperatura del día en que se produce el descenso térmico.

Después de evaluar estos antecedentes y como tema central de esta Tesis se definirá un criterio de detección de **Descensos Intensos Significativos de Temperatura (DIST)** para la región central del país. Este criterio tiene como objetivo considerar la magnitud del descenso interdiurno de temperatura y priorizar el contraste térmico ocasionado luego del descenso por sobre la intensidad de la temperatura ocurrida durante el día del descenso. Por lo tanto, se tuvieron en cuenta las condiciones atmosféricas previas mediante el uso de la temperatura media diaria del día anterior al descenso.

En primer término se procedió a cuantificar los **Descensos Intensos de Temperatura (DIT)** partiendo del conocimiento de la información estadística correspondiente a los descensos interdiurnos obtenida en el capítulo anterior.

La **Tabla 2.1** muestra en **a)** los descensos interdiurnos medios sumados a la desviación estándar para todas las estaciones meteorológicas utilizadas y considerando los 5 meses por separado y en **b)** el promedio de los descensos interdiurnos de los 5 meses

(invierno) y el desvío estándar para este período. En ella se observa que la mayoría de los descensos interdiurnos medios oscilan alrededor de -4°C y -5°C .

MES ESTACION	a)					b)	
	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	PROMEDIO INVIERNO	DESVÍO ESTÁNDAR
CRV	-3,8	-3,8	-3,9	-3,9	-4,1	-3,9	0,1
NQN	-4,2	-4,2	-3,9	-4,0	-3,7	-4,0	0,2
OSA	-4,1	-3,9	-3,8	-4,2	-4,4	-4,1	0,2
BBCA	-4,3	-3,9	-4,0	-4,5	-4,8	-4,3	0,3
MDPL	-3,8	-3,8	-3,6	-3,7	-3,9	-3,8	0,1
TDL	-3,8	-3,8	-3,6	-3,7	-3,9	-3,8	0,1
OCBA	-4,2	-3,9	-3,7	-4,2	-4,2	-4,0	0,2
JNIN	-4,2	-3,9	-3,9	-4,2	-4,2	-4,1	0,1
ROSA	-4,4	-4,3	-4,4	-4,6	-4,5	-4,4	0,1
PARA	-4,1	-3,8	-4,0	-4,5	-4,7	-4,2	0,3
CONC	-4,0	-4,1	-3,9	-4,5	-4,8	-4,3	0,3
PDL	-4,1	-4,6	-4,7	-5,1	-4,7	-4,6	0,3
CER	-4,6	-4,3	-4,4	-5,1	-5,3	-4,7	0,4
SIS	-4,4	-4,7	-5,2	-5,6	-5,5	-5,1	0,5
CBA	-4,4	-3,9	-4,0	-4,7	-4,9	-4,4	0,4
SALT	-3,4	-3,8	-4,3	-4,2	-4,7	-4,1	0,4
SGOE	-4,2	-3,7	-4,3	-4,5	-5,2	-4,4	0,5
SRFA	-3,9	-3,7	-3,7	-4,3	-4,4	-4,0	0,3

Tabla 2.1: Descensos interdiurnos de la temperatura media diaria: Promedio más Desviación Standard.

Las estaciones de CRV, NQN, OSA, MDPL, TDL, OCBA, JNIN y ROSA, muestran la menor variación intermensual de estos valores, en tanto que las estaciones pertenecientes a la región centro norte y litoral fluvial argentino presentan las variaciones intermensuales mayores.

En cuanto a la magnitud de los DIT, se observa 2 regiones claramente diferenciadas; la zona comprendida por estaciones ubicadas al sur de OCBA, que muestra los menores valores a excepción de BBCA y SRFA (entre $3,6^{\circ}\text{C}$ y $4,4^{\circ}\text{C}$), y la zona centro norte y litoral fluvial argentino con los máximos valores que varían entre 4°C y $5,6^{\circ}\text{C}$.

Se definió entonces la magnitud de un Descenso Intenso de Temperatura (DIT) aquel que supere el descenso medio más un desvío estándar correspondiente al mes considerado.

Los **DIT** pueden ocurrir bajo diferentes condiciones, a saber;

- a) la temperatura media diaria del día anterior al descenso es mayor que la normal del mes considerado y sigue mayor luego del descenso (**DITMM**).
- b) la temperatura media diaria del día anterior al descenso es mayor que la normal del mes considerado y cambia a menor luego del descenso (**DITMN**).
- c) la temperatura media diaria del día anterior al descenso es menor que la normal del mes considerado (**DITNN**) y por consiguiente se mantiene menor.

A continuación se calculó el porcentaje sobre todos los **DIT** de cada uno de estos tres tipos de descensos (**DITMM**, **DITMN** y **DITNN**). Esto se realizó para los cinco meses por separado y teniendo en cuenta todas las estaciones que conforman la región de estudio.

Los resultados expresados en la **Tabla 2.2** muestran, para todas las estaciones y considerando todos los meses analizados, un mayor porcentaje de **DITMN**, en segunda instancia los correspondientes a **DITMM** y por último los **DITNN**.

Observando la **Tabla 2.2** se deduce que en estaciones como **PDL**, **PARA**, **CONC**, **CER**, **SIS** y **SGOE**, el porcentaje de los **DITMN** se ve algo reducido con respecto al resto de las estaciones, sin embargo siguen superando al porcentaje de los **DITMM** y de los **DITNN**. El decrecimiento en los porcentajes de los **DITMN** es en detrimento del aumento de los porcentajes correspondientes a los **DITMM**. Posiblemente esto último se deba a que los descensos interdiurnos en estas estaciones no alcanzan a superar con frecuencia la cota mínima exigida (**DIT**), que para esta región oscila entre 4,5°C y 5,5°C, dependiendo del mes (ver **Tabla 2.1**).

MES		MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
CRV	1	35,8	30,4	25,4	28,2	12,7
	2	66,7	58,0	60,6	56,4	69,8
	3	7,5	11,6	14,0	15,4	17,6
NQN	1	19,7	25,4	25,0	21,7	31,0
	2	70,4	62,7	69,4	66,7	55,2
	3	9,9	11,9	5,6	11,6	13,8
OSA	1	18,7	15,9	15,2	23,3	25,8
	2	65,3	63,6	63,6	61,7	54,8
	3	16,0	20,6	21,2	15,0	19,4
BBCA	1	21,0	23,8	21,5	25,0	20,0
	2	64,5	65,1	61,5	69,1	71,7
	3	14,5	11,1	17,0	5,9	8,3
MDPL	1	30,6	19,5	24,6	18,4	21,6
	2	63,9	73,2	64,6	72,4	66,2
	3	5,5	7,3	10,8	9,2	12,2
TDL	1	31,8	23,7	28,8	25,9	21,8
	2	62,1	71,1	69,3	65,5	69,1
	3	6,1	5,2	11,9	8,6	9,1
OCBA	1	14,8	26,2	28,2	21,7	22,2
	2	73,8	60,0	60,6	68,3	66,7
	3	11,4	13,8	11,2	10,0	11,1
JNIN	1	34,0	36,9	24,6	39,2	25,0
	2	50,9	47,7	59,0	51,0	67,3
	3	15,1	15,4	16,4	9,8	7,7
ROSA	1	20,9	35,3	25,0	41,0	29,0
	2	67,2	57,4	64,1	44,3	53,3
	3	11,9	7,3	10,9	14,8	17,7
PARA	1	25,4	34,4	38,5	37,3	29,4
	2	61,0	54,1	46,2	56,9	60,8
	3	13,6	11,5	16,3	5,8	9,8
CONCOR	1	30,5	37,0	26,5	31,7	22,9
	2	52,5	53,7	49,0	52,4	66,7
	3	11,0	9,3	24,5	15,9	10,4
PDL	1	25,4	30,4	26,9	25,0	24,1
	2	54,2	66,1	52,2	69,2	62,1
	3	20,4	3,5	20,9	5,8	13,8
CER	1	34,6	42,3	46,6	36,2	36,2
	2	57,7	44,2	36,2	53,4	61,7
	3	7,7	13,5	17,2	10,3	2,1
SIS	1	26,4	30,6	29,2	30,5	28,6
	2	64,2	58,1	52,3	59,3	64,3
	3	9,4	11,3	18,5	10,2	7,1
CBA	1	25,0	29,2	29,2	34,8	33,8
	2	58,9	58,3	63,9	48,5	55,4
	3	16,1	12,5	6,9	16,7	10,8
SALT	1	17,2	17,5	29,4	14,8	16,1
	2	65,5	68,3	52,9	63,9	62,9
	3	17,3	14,3	17,7	21,3	21,0
SGOE	1	24,6	18,2	20,0	26,1	27,8
	2	52,6	56,0	55,4	50,7	61,1
	3	22,8	25,8	24,6	23,2	11,1
SRFA	1	9,3	25,0	21,7	27,3	15,9
	2	69,8	68,8	67,4	56,8	65,9
	3	20,9	6,2	10,9	15,9	18,2

Tabla 2.2: Porcentaje sobre el total de descensos de temperatura media diaria superiores o iguales al promedio de los descensos más la desviación standard del mes considerado. 1. Temperatura media diaria del anterior es mayor que la normal del mes considerado y sigue mayor luego del descenso (DITMM). 2. Idem anterior, pero la temperatura media diaria cambia a menor (DITMN). 3. Temperatura media diaria del día anterior es menor que la normal del mes considerado (DITNN).

Otro detalle a mencionar es la existencia de una variación mes a mes de los tres tipos de descensos mencionados. Por ejemplo, si se analiza solamente los **DITMN** (**Tabla 2.2**) correspondientes a estaciones ubicadas al norte de **OCBA** (incluida) especialmente, se observó que el porcentaje presenta un mínimo en Julio y máximos en Mayo y Agosto o Septiembre. Un resultado inverso se encuentra cuando se analizan los **DITMM**, es decir porcentajes máximos en Julio y mínimos en Mayo y Septiembre. Este comportamiento se debe principalmente a la marcha anual que presentan los **DIT**, mostrando máximos valores en Mayo y Septiembre y mínimos en Julio (ver **Tabla 2.1**). De esta forma, la probabilidad de que luego de un descenso intenso de temperatura (**DIT**) se pase de temperaturas medias mayores a menores de la media normal del mes considerado será mayor en Mayo y Septiembre, épocas en los que los descensos medios son más intensos. Esto se observa claramente por ejemplo en la estación **OCBA**, que muestra un 73,8% de **DITMN** en Mayo y un 60,6% en Julio (ver **Tabla 2.2**).

Los **DITMN** superan en porcentaje a los **DITMM** y **DITNN** para cada mes, aunque pueden observarse variaciones de la relación entre ellos. Esto implicaría en términos físicos que los **DIT** tienen mayor probabilidad de producir un cambio de signo en la anomalía de temperatura media diaria.

Un análisis espacial del comportamiento de la frecuencia porcentual de los **DIT** permite establecer las siguientes características (**Figura 2.1**).

Si se compara el porcentaje de los **DITMN** desde mayo a setiembre (**columna central de la Figura 2.1**) se observa en mayo un mínimo en el centro norte del país y centro oeste de la Provincia de Buenos Aires. Esta zona de mínimo se desplaza hacia el este en junio y se intensifica alrededor de **CER** en julio. En agosto retrocede nuevamente al oeste mostrando una estructura similar a la de junio y ocupa prácticamente el centro del área de

análisis.

En setiembre el mínimo se ubica a lo largo de un eje sudoeste – noreste desde **NQN** hasta **ROSA**.

Una posible explicación de la evolución descrita del mínimo **DITMN** estaría asociada con la magnitud de los Descensos Intensos de Temperatura (**DIT**), que oscilan entre 4,5°C y 5,5°C, aproximadamente en la región central y Litoral Fluvial Argentino. Estos valores no llegan a ser suficientes para pasar de temperaturas mayores que las normales a menores que las normales. En cambio, en estaciones ubicadas al oeste sudoeste de la región de estudio este condicionante se cumple aún así cuando los **DIT** son inferiores. Esto se debe básicamente a que en la región del Noreste del país las temperaturas prevalecientes durante el día anterior al descenso son superiores a las observadas en la región sur del área de estudio. Por lo tanto para que estos descensos se transformen en **DITMN** debería incrementarse la magnitud de los **DIT**.

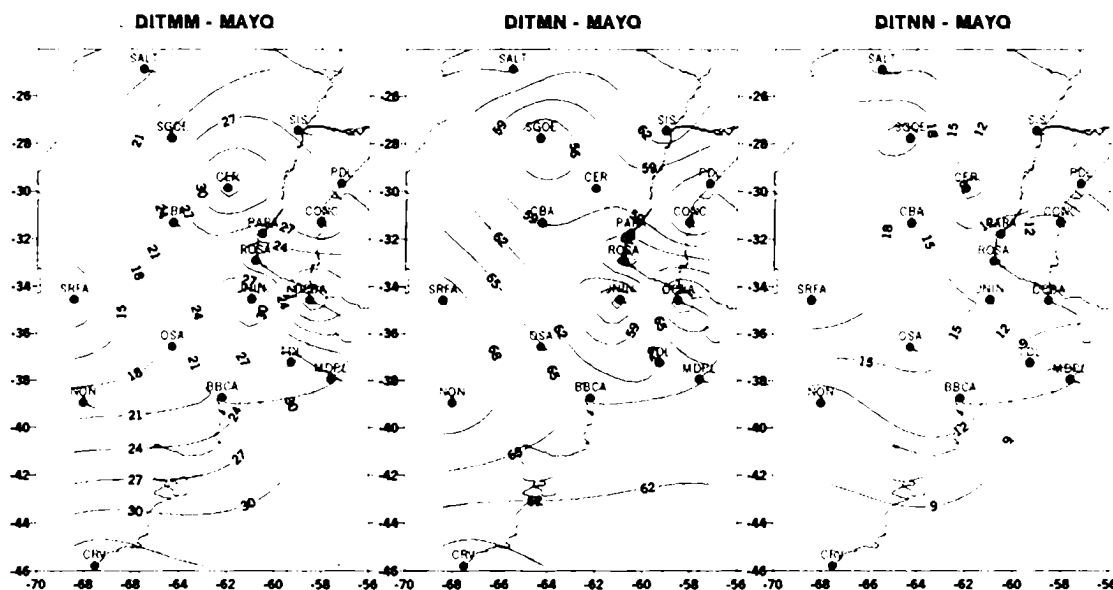


Figura 2.1: Distribución espacial de los Descensos Intensos de Temperatura.

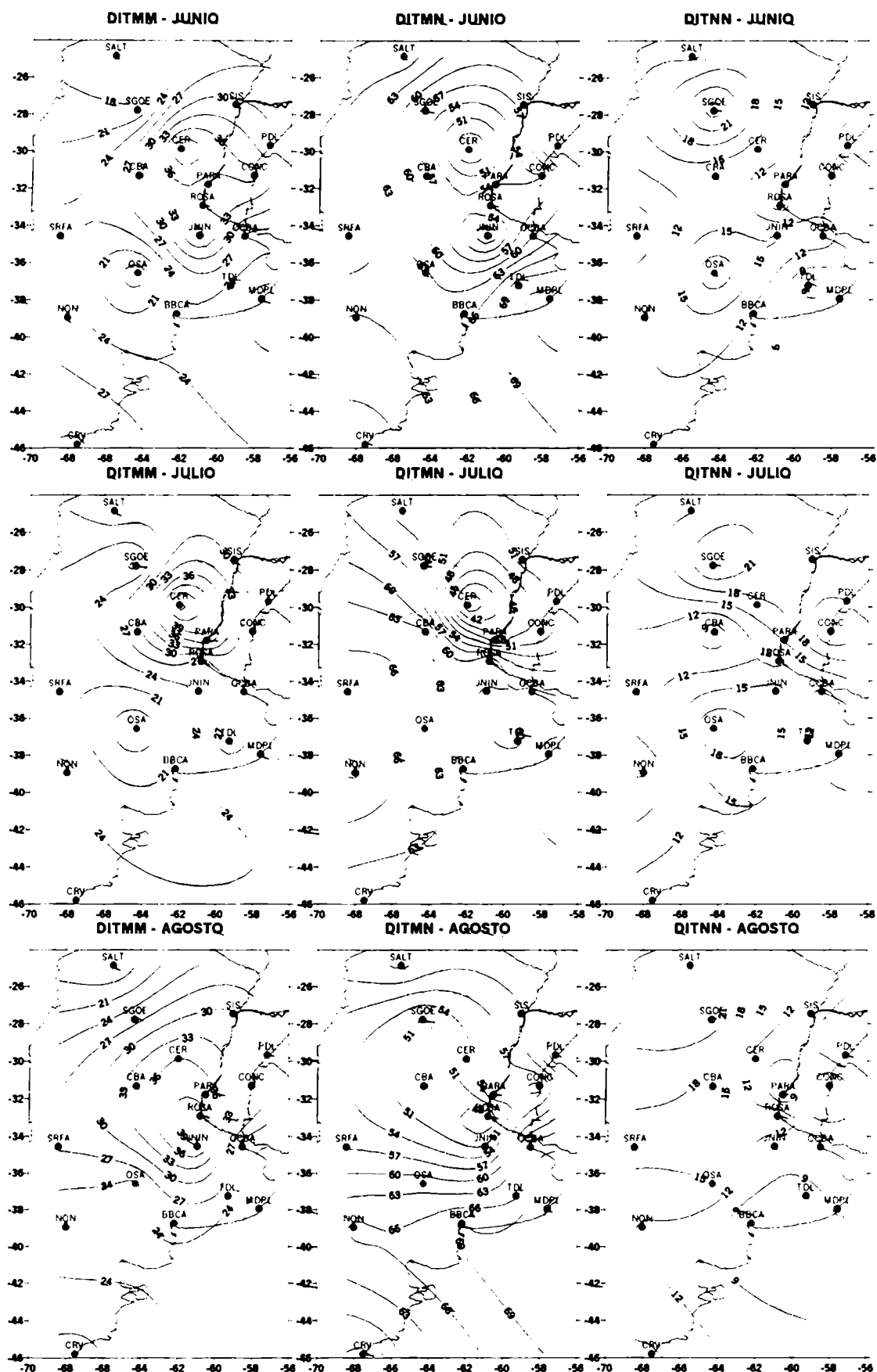


Figura 2.1(Cont.): Distribución espacial de los Descensos Intensos de Temperatura.

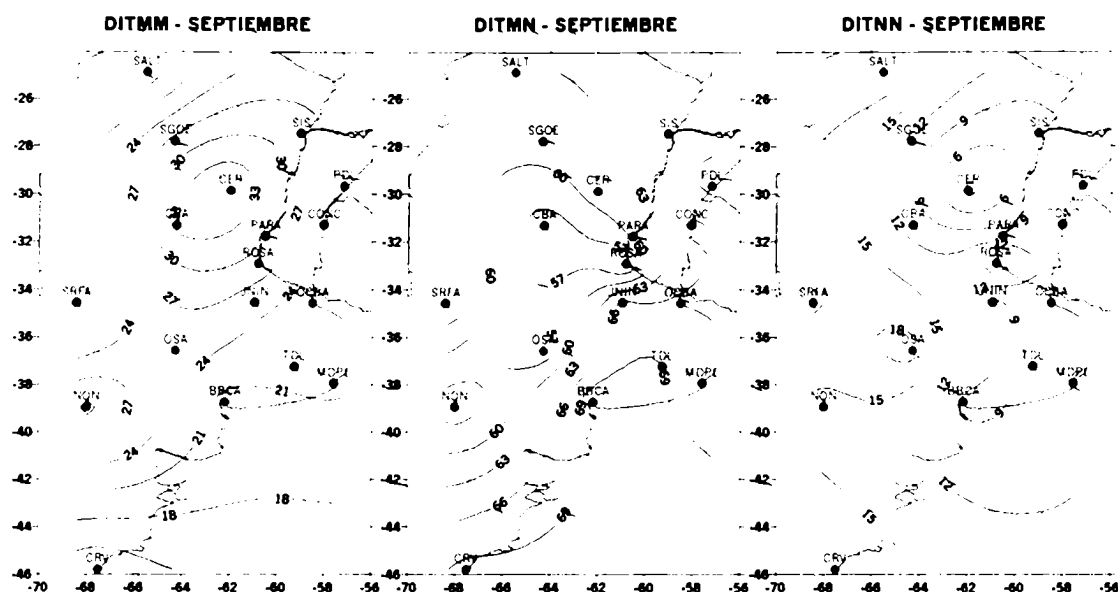


Figura 2.1(Cont.): Distribución espacial de los Descensos Intensos de Temperatura.

Los máximos **DITMN** tienen la característica de estar presentes en el oeste de la zona en estudio, siendo más importante esta característica en mayo, junio y julio. En agosto y setiembre ese máximo prácticamente no se observa. También se puede rescatar otro máximo que afecta la costa de la Provincia de Buenos Aires desde el NE en mayo y se desplaza al Sur en setiembre, afectando al resto de la costa en los meses intermedios.

En la distribución regional de los **DITMM** (primera columna de la Figura 2.1) puede observarse que las máximas frecuencias en su distribución coinciden prácticamente con la posición que tenían los mínimos en el caso de los **DITMN**.

Con respecto a los **DITNN** (tercera columna de la Figura 2.1) los máximos se encuentran principalmente desde mayo hasta agosto en la región centro noroeste del país. La interpretación de estos máximos sería que en esta región el descenso de temperatura cumple con la definición de **DIT** pero además se inicia con temperaturas por debajo de los valores normales. Esto podría explicarse como una nueva entrada de aire frío dentro del aire frío

inicial, lo que se podría asociar a olas de frío.

Por lo tanto, de acuerdo a estos últimos resultados, un **Descenso Intenso Significativo de Temperatura (DIST)**, queda definido por los **DITMN**. Es decir para detectar un **DIST** se deben verificar las siguientes condiciones:

- el descenso interdiurno de temperatura debe superar a la media normal del mes en cuestión más un desvío estándar. A esto último se lo definió como **DIT**.
- la temperatura media del día anterior debe ser mayor que la media normal del mes en cuestión.
- la temperatura media correspondiente al día del descenso debe ser inferior a la media normal del mes en cuestión.

De esta forma, con este criterio de detección de **Descensos Intensos Significativos de Temperatura**, se estaría garantizando que dichos descensos se hallan a asociados, en la mayoría de los casos, al pasaje de frentes fríos.

2.2. VERIFICACIÓN DEL CRITERIO DE DETECCIÓN DE DESCENSOS INTENSOS SIGNIFICATIVOS DE TEMPERATURA EN LA CIUDAD DE BUENOS AIRES.

A continuación se presenta la descripción de la situación sinóptica asociada a un descenso intenso significativo de temperatura en la Ciudad de Buenos Aires. Para ello se utilizó el criterio descripto anteriormente.

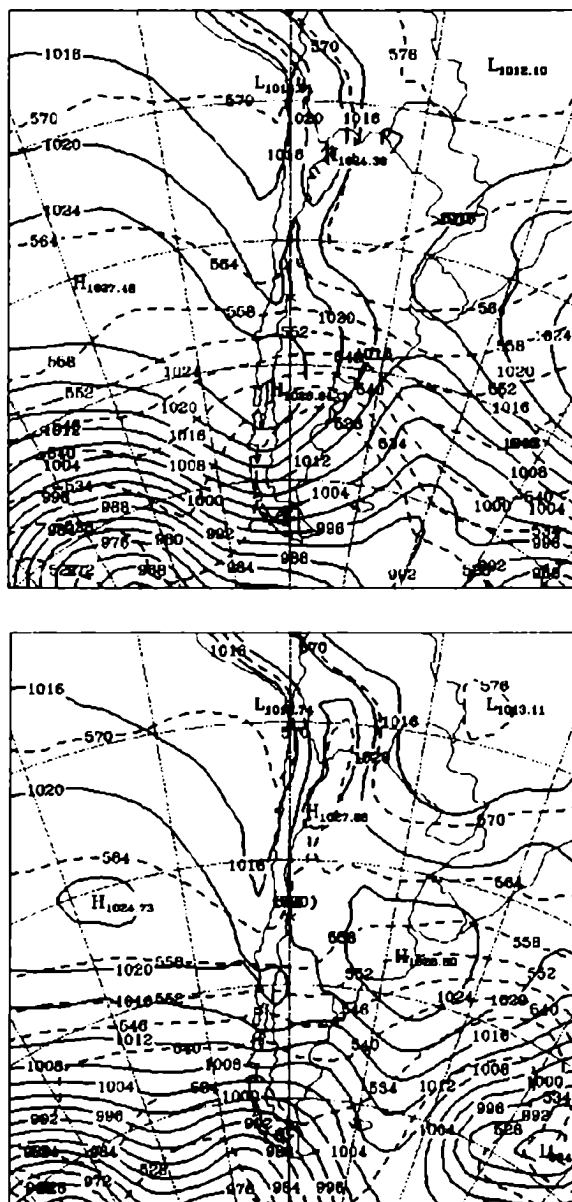


Figura 2.2: Cartas sinópticas correspondientes a los días 18 y 19 de Septiembre de 1999 (12 Z). Presión en superficie (línea llena) y espesor 500/1000 (línea quebrada).

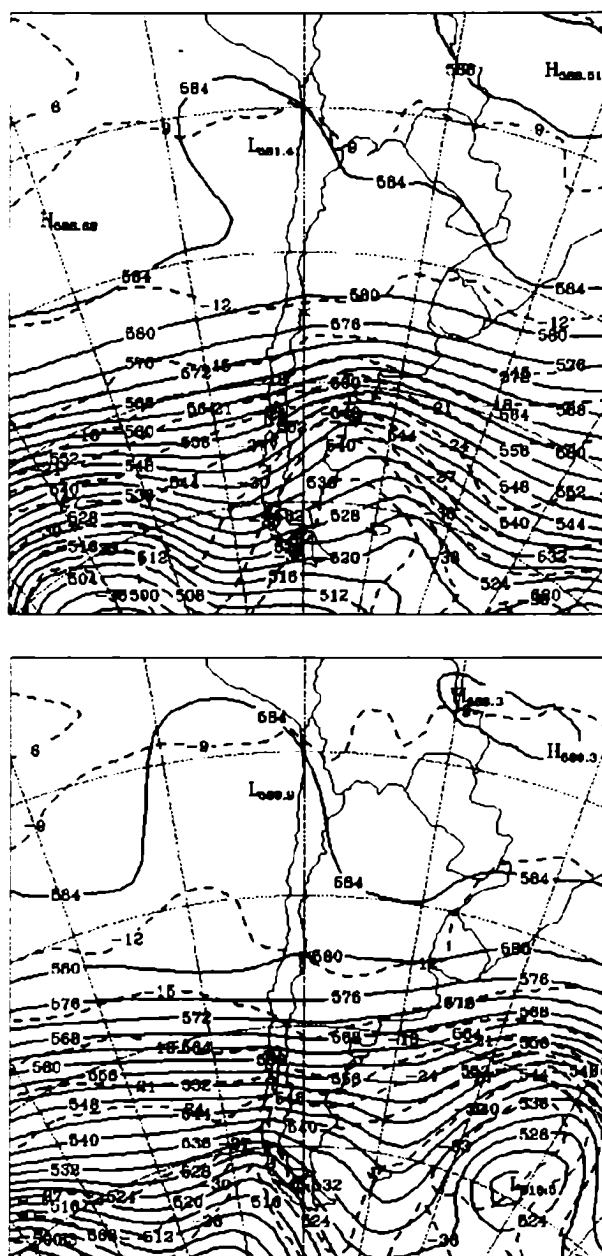


Figura 2.2 bis: Cartas sinópticas correspondientes a los días 18 y 19 de Septiembre de 1999 (12 Z). Altura geopotencial (línea llena) y Temperatura (línea quebrada) en 500 hPa.

El día del descenso corresponde 19 de Septiembre de 1999. Las **figuras 2.1 y 2.2** muestran las cartas de espesores 500/1000 y presión en superficie, y de altura y temperatura en 500 hPa correspondientes a los días 18 y 19 de Septiembre de 1999.

Mediante el análisis de las cartas de espesores y presión en superficie (**Figura 2.1**) se puede observar el avance de un frente frío sobre la región del Río de la Plata que afecta claramente a la Ciudad de Buenos Aires. Mientras que el día 18 el sistema frontal se hallaba entrando sobre la Ciudad, al día siguiente ya se había instalado sobre la región el anticiclón postfrontal. De un día al otro sobre la Ciudad se produjo un descenso en los espesores de alrededor de 70 mgp, mientras que la presión atmosférica aumentó alrededor de 10 hpa.

En cuanto al análisis de la situación de altura (**Figura 2.2**) se observa el pasaje de una vaguada asociada al sistema frontal de superficie descrito en el párrafo anterior. El día previo al descenso de temperatura sobre la Ciudad de Buenos Aires, dicha vaguada se hallaba sobre el paralelo 75°O y al día siguiente ya se encontraba sobre el Océano Atlántico en el meridiano 45°O, aproximadamente.

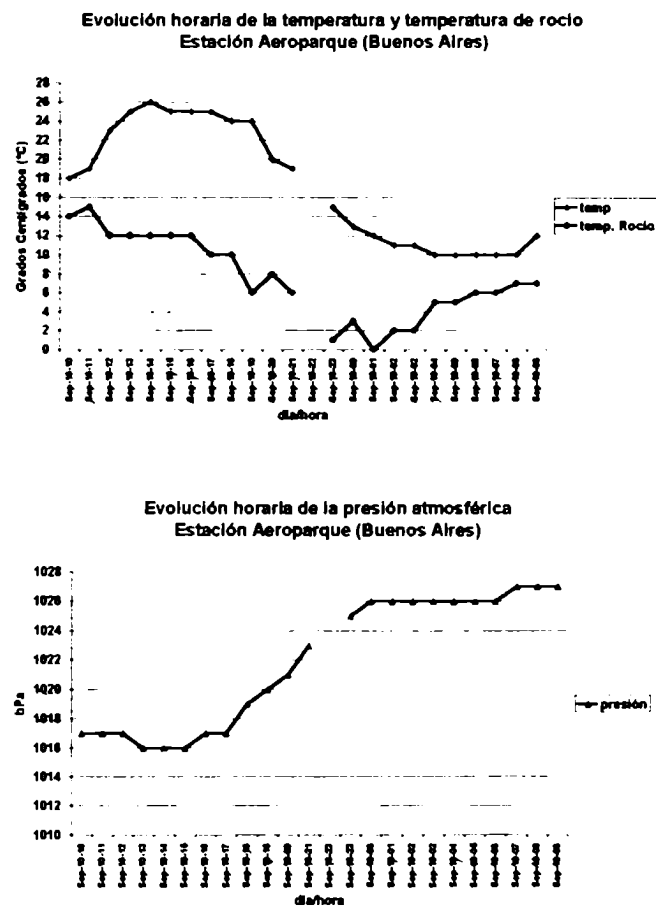


Figura 2.3: Evolución horaria de la temperatura y temperatura de rocío (arriba) y de la presión atmosférica (abajo) en la estación Aeroparque (Buenos Aires).

En la **Figura 2.3** se presenta la evolución horaria de la temperatura y temperatura de rocío, y de la presión atmosférica correspondiente a la estación Aeroparque (Buenos Aires), a partir de las 10 horas del día 18/9 hasta las 9 horas del día 19/9. Mediante el análisis de dichas curvas se puede observar que el frente frío comienza a pasar por la región en cuestión durante la tarde del día 18, momento en el cuál la temperatura y temperatura de rocío comienzan a decrecer y la presión atmosférica a aumentar. La temperatura media diaria de Buenos Aires correspondiente al día 18/9 fue de 21,2°C, mientras que al día siguiente la temperatura media diaria fue de 12,1°C. De acuerdo a las estadísticas del mes de Septiembre, el día 18/9 la temperatura se hallaba por encima de los valores normales y el día 19/9 por debajo. Además, el descenso interdiurno de temperatura media diaria fue de 8,3°C, superior a 4,2°C que es el valor mínimo requerido para que el descenso sea considerado intenso (ver **Tabla 3**). Por lo tanto, el descenso de temperatura media diaria entre el 18/9 y el día 19/9/99 verifica con el criterio descripto anteriormente y además, de acuerdo a la descripción sinóptica, este descenso es provocado por el pasaje de un frente frío.

2.3. SECUENCIAS DE DESCENSOS INTERDIURNOS DE TEMPERATURA A PARTIR DE DESCENSOS INTENSOS SIGNIFICATIVOS DE TEMPERATURA MEDIA DIARIA (DIST).

A continuación se realizó un análisis de la distribución regional de secuencias de descensos interdiurnos de temperatura, pero a partir de **Descensos Intensos Significativos de Temperatura (DIST)**. Las secuencias fueron calculadas de acuerdo a la definición considerada en **1.5 del Capítulo 1**, con la variante que el primer descenso interdiurno de

temperatura cumple con la definición de **DIST**. La **Figura 2.4** muestra la distribución regional de dichas secuencias.

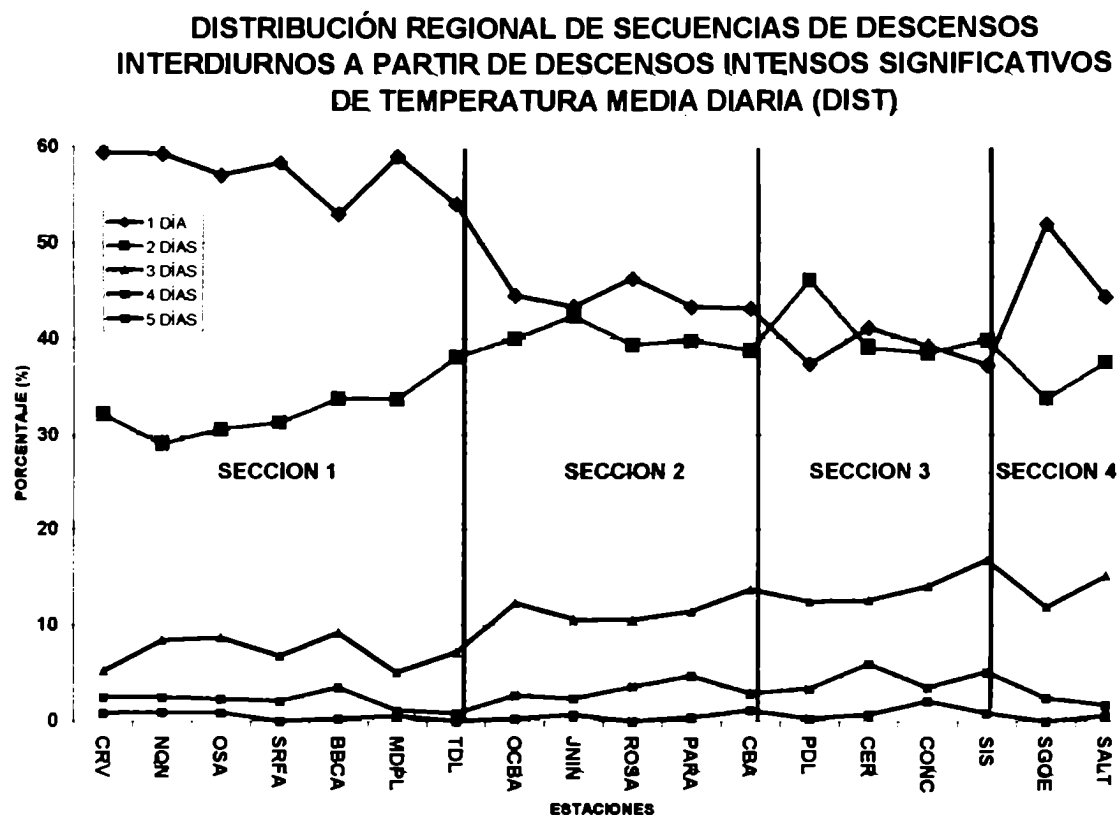


Figura 2.4: Distribución regional de secuencias de descensos interdiurnos de temperatura media diaria a partir de descensos intensos significativos de temperatura media diaria (DIST), correspondiente al período invernal (Mayo a Septiembre).

En ella se pueden identificar cuatro secciones, cada una de las cuales involucra un conjunto de estaciones seleccionadas teniendo en cuenta la frecuencia de secuencias de descensos. Se tomó como referencia la persistencia de un día. De esta forma la **sección 1** identifica el conjunto de estaciones para las cuales esta persistencia tiene una frecuencia porcentual media del 57%. En la **sección 2** este porcentaje se reduce al 45%. En la **sección 3** el porcentaje es del 40% y en la **sección 4**, aumenta nuevamente y se ubica alrededor del 48%.

Simultáneamente puede observarse que la persistencia de 2 días tiene un

comportamiento inverso al anterior en las cuatro secciones. La secuencia de tres días muestra una evolución similar a la de 2 días pasando de una frecuencia porcentual del 8% en la sección 1, al 12% en la sección 2, al 15% en las secciones 3 y 4. En el caso de las secuencias de 4 y 5 días, la frecuencia porcentual tiene un comportamiento similar pero con valores menores. La **sección 3** es la que presenta los mayores valores en ambos casos (5% y 2% respectivamente). Como detalle se puede mencionar que las estaciones correspondientes a las secciones 2 y 3 presentan porcentajes de secuencias de 1 y 2 días muy similares. Dicha característica no se observó cuando se consideraron las secuencias de descensos sin ningún tipo de condicionante (**Figura 1.18 del capítulo 1**). Sin embargo si se comparan ambas figuras, se observa que el aumento de secuencias de 2 días se produce principalmente en detrimento de las secuencias de 1 día. Este comportamiento estaría indicando que, cuando los descensos interdiurnos son iniciados por cambios intensos, la temperatura tiende a descender por lo menos 2 ó 3 días más. Tal vez la explicación estaría en que la mayoría de estos eventos están asociados al pasaje de sistemas frontales fríos seguidos de otros pulsos fríos más pequeños que hacen mantener la secuencia de descensos de temperatura por más tiempo.

En las **Figuras 2.5, 2.6 y 2.7**, se compara los porcentajes de secuencias de descensos (verde) con aquellos que se inician a partir de cambios intensos (azul) para tres ciudades del litoral argentino (**SIS, CER y PDL**). En estas tres localidades las secuencias de 2 días no sólo presentan incrementos en sus porcentajes sino que incluso superan a las correspondientes a 1 día.

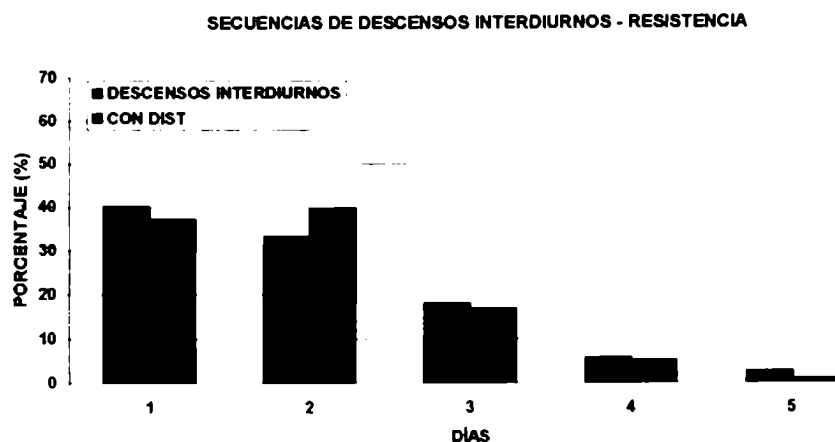


Figura 2.5: Secuencias de descensos interdiurnos de temperatura (verde) y secuencias de descensos interdiurnos iniciadas a partir de descensos intensos descensos intensos significativos de temperatura (DIST)(azul). Estación: Resistencia (SIS), período invernal (Mayo a Septiembre).

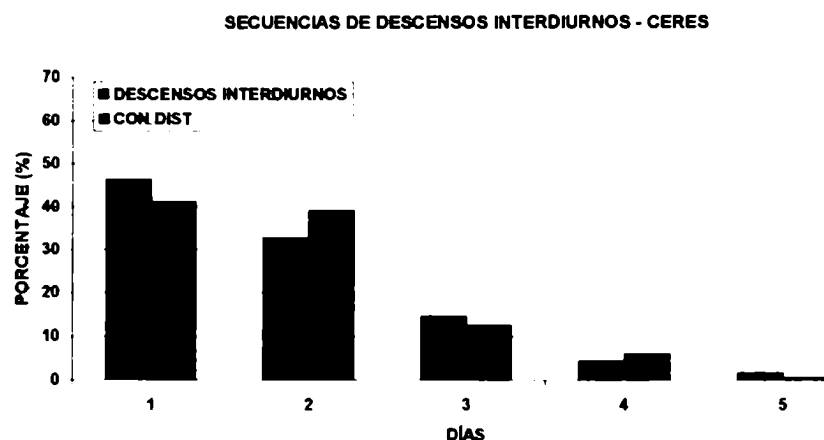


Figura 2.6: Secuencias de descensos interdiurnos de temperatura (verde) y secuencias de descensos interdiurnos iniciadas a partir de descensos intensos descensos intensos significativos de temperatura (DIST)(azul). Estación: Ceres (CER), período invernal (Mayo a Septiembre).

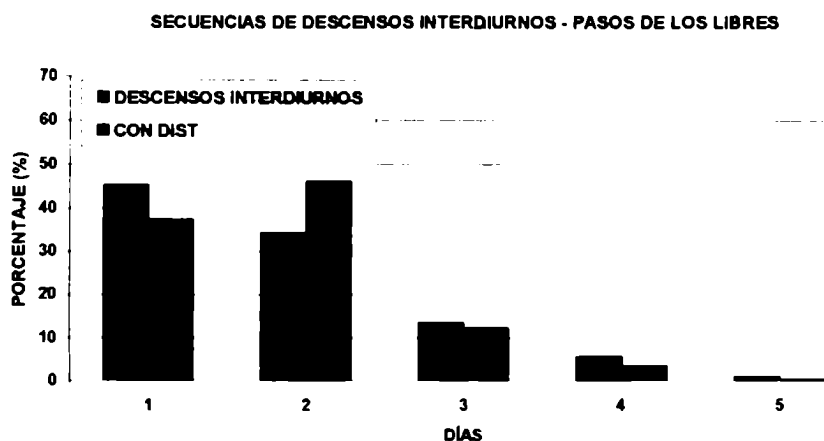


Figura 2.7: Secuencias de descensos interdiurnos de temperatura (verde) y secuencias de descensos interdiurnos iniciadas a partir de descensos intensos significativos de temperatura (DIST)(azul). Estación: Pasos de los Libres (PDL), período invernal (Mayo a Septiembre).

2.4. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO 2.

En este capítulo se realizó un estudio de los descensos interdiurnos de temperatura media diaria. En particular se definió el **Descenso Intenso de Temperatura (DIT)** y se analizó su comportamiento. Se pudo inferir las siguientes conclusiones.

Se definió **Descenso Intenso de Temperatura (DIT)** como aquellos casos en los que el descenso interdiurno de temperatura media diaria observado era mayor o igual que el descenso interdiurno promedio mas una desviación estándar, para la estación y el mes correspondiente.

Los **DIT** pueden ocurrir bajo diferentes condiciones, a saber:

- la temperatura media diaria del día anterior al descenso es mayor que la normal del mes considerado y sigue mayor luego del descenso (**DITMM**).
- la temperatura media diaria del día anterior al descenso es mayor que la normal del mes considerado y cambia a menor luego del descenso (**DITMN**).
- la temperatura media diaria del día anterior al descenso es menor que la normal del mes considerado (**DITNN**) y por consiguiente se mantiene menor.

La frecuencia relativa de los **DITMN** superan en todas las estaciones y meses a los **DITMM** y los **DITNN**. Algunas disminuciones de la frecuencia de los **DITMN** ocurren a expensas de aumentos principalmente de la frecuencia de los **DITMM**.

La probabilidad de que luego que se produzca un **DIT** se pase de temperaturas medias mayores a menores de la media normal del mes es mayor en Mayo y Setiembre, época en que los descensos interdiurnos promedio son más intensos.

Espacial y temporalmente se puede decir que la distribución de la frecuencia porcentual

de los **DITMN** tiene un mínimo en el Centro Oeste de la Provincia de Buenos Aires y Centro Oeste del país. Este mínimo se desplaza hacia el Litoral Fluvial Argentino en Junio y Julio y finalmente en Agosto y Setiembre retrocede a una posición similar a la que ocupaba en Mayo. Una posible explicación del comportamiento de este mínimo estaría asociada con la magnitud de los **Descensos Intensos de Temperatura (DIT)**, que oscilan entre 4,5°C y 5,5°C, aproximadamente en la región central y Litoral Fluvial Argentino. Estos valores no llegan a ser suficientes para pasar de temperaturas mayores que las normales a menores que las normales, debido básicamente a que en esta la región las temperaturas prevalecientes durante el día anterior al descenso son superiores a las observadas en la región sur del área de estudio. Por lo tanto para que estos descensos se transformen en **DITMN** debería incrementarse la magnitud de los **DIT**.

Un **Descenso Intenso Significativo de Temperatura (DIST)** queda definido por los **DITMN** debiendo verificarse las siguientes condiciones:

- el descenso interdiurno de temperatura media diaria debe superar a la media normal del mes en cuestión más un desvío estándar. A esto último se lo definió como **DIT**.
- la temperatura media del día anterior debe ser mayor que la media normal del mes en cuestión.
- la temperatura media correspondiente al día del descenso debe ser inferior a la media normal del mes en cuestión.

Las secuencias de descensos interdiurnos de temperatura media diaria a partir de **Descensos Intensos Significativos de Temperatura (DIST)** media diaria muestran que la

región de análisis puede dividirse en cuatro subregiones.

Una de ellas integrada por las estaciones **CRV**, **NQN**, **OSA**, **SRFA**, **BBCA**, **MDPL** y **TDL** indican un alto porcentaje de secuencias de un día (aproximadamente 57%), seguido por un porcentaje de alrededor del 30% de secuencias de dos días y en número menor las secuencias de mayor número de días. Otra de las subregiones es la integrada por las estaciones **OCBA**, **JNIN**, **ROSA**, **PARA** y **CBA** donde el porcentaje de las secuencias de un día disminuyó al 45% a expensas de un aumento en las secuencias de dos días que ahora alcanza en promedio el 40%. Se nota en este caso una frecuencia de alrededor del 12% para las secuencias de tres días y un leve aumento de las de cuatro días respecto de la subregión anterior. La tercera subregión está integrada por las estaciones **SIS**, **CER**, **CONC** y **PDL** donde se nota una disminución en las secuencias de un día y se iguala con la frecuencia correspondiente a la secuencia de dos días. Debe destacarse un aumento en la secuencia de tres días respecto de la subregión anterior ubicándose el porcentaje en el 15%, Finalmente en la última subregión compuesta por **SALT** y **SGOE** se observa que aumenta la frecuencia de las secuencias de un día, disminuye la de dos días y permanece constante la de tres días. Se puede inferir que desde **JNIN** hacia el Noreste abarcando el Litoral Fluvial Argentino las secuencias tienen mayor persistencia que en el resto de la región de análisis indicando que a la ocurrencia de un **DIT** le siguen otros descensos en días posteriores. Esto de alguna manera estaría indicando que después del pasaje de un frente frío en esta región, entran otros pulsos fríos manteniendo la secuencia de los descensos de temperatura media diaria.

CAPITULO 3

SECUENCIAS DE PATRONES DE CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA ASOCIADOS A IRRUPCIONES DE AIRE FRIO EN LA REGIÓN CENTRAL DE ARGENTINA

Cuando un **Descenso Intenso Significativo de Temperatura (DIST)** ocurre en la región central de Argentina, las situaciones meteorológicas asociadas están relacionadas, principalmente, con el avance de frentes fríos que se mueven generalmente desde el Océano Pacífico Sur hacia el noreste del país. Luego del avance del frente frío, el anticiclón migratorio que avanza por detrás del mismo, ingresa sobre esta región y provoca importantes descensos de temperatura.

La mayoría de la literatura relacionada con las irrupciones de aire se basan en estudios descriptivos de casos individuales, especialmente aquellos que tienen una importante incidencia sobre Sudamérica (Scian, 1970; Parmenter, 1976; Hamilton and Tarifa, 1978; Fortune and Kousky, 1983; Marengo et al. 1997; Bosart et al, 1998).

Existen otros trabajos que tratan con la evolución de la estructura media de las perturbaciones de invierno asociadas a irrupciones de aire frío sobre Sudamérica. Escobar y Bischoff (1999) realizaron una clasificación objetiva de los campos de altura geopotencial de 1000 y 500 hPa relacionados con **Descensos Intensos Significativos de Temperatura** sobre la ciudad de Buenos Aires. Encontraron 2 modelos patrones de circulación dominantes, uno de ellos muestra un intenso anticiclón con eje de dirección Noroeste/sudeste y un máximo cerca de 80°O, 40°S. Este patrón de circulación en superficie provoca vientos de dirección sud/sudeste sobre la ciudad de Buenos Aires. El otro modelo de circulación muestra, en superficie, un sistema de alta presión en 105° W, 48° S asociado con situaciones de bloque

sobre el océano Pacífico, el cual conduce a persistentes vientos del sur sobre todo el centro del país, incluida la ciudad de Buenos Aires.

Vera y Vigliarolo (2000) estudiaron la estructura y evolución de las perturbaciones de escala sinóptica que producen entradas de aire frío en América del Sur durante el invierno.

Analizaron por separado los eventos relacionados con heladas en Sudamérica tropical y los casos asociados a irrupciones de aire frío en Sudamérica extratropical. Para ambos casos, el patrón de circulación se hallaba dominado por una onda larga que presentaba una perturbación ciclónica sobre Sudamérica y una perturbación anticiclónica al sur del Océano Pacífico. Sin embargo, fueron encontradas dos características adicionales para los casos relacionados con heladas: una perturbación ciclónica ingresando a Sudamérica por latitudes subpolares y una perturbación ciclónica en niveles altos cerca de la cordillera de los Andes en latitudes subtropicales. Por último, las invasiones de aire frío más intensas que ocurren en regiones tropicales de Sudamérica dependen fuertemente de la presencia de la perturbación ciclónica subtropical en niveles altos.

Garreaud (2000) analizó la estructura media tridimensional y la evolución de las irrupciones de aire frío sobre Sudamérica mediante el análisis de composición de casos. Para la selección de los episodios fríos utilizó la tendencia diaria de la presión atmosférica en superficie en un punto de grilla centrado en 25°S, 57.5°W. Empleó los campos de altura geopotencial correspondientes a los reanálisis del NCEP/NCAR y usó 17 años de información (1979-1995). En total extrajo 145 casos asociados a irrupciones de aire frío correspondiente al periodo invernal (Mayo-Septiembre).

El análisis de la composición de casos muestra una onda de latitudes medias con una cuña sobre el océano Pacífico al oeste del continente sudamericano y una vaguada que se extiende en dirección sudeste sobre latitudes subtropicales en el océano Atlántico.

Nocera et al (2000) realizó un estudio climatológico mediante la composición de casos asociados a irrupciones de aire frío en Sudamérica, utilizando información perteneciente a los reanálisis del NCEP/NCAR. La metodología de selección de eventos fríos consistió en un análisis subjetivo de las cartas de altura geopotencial de 1000 hPa y de espesores de 1000/850 hPa para el período 1992/1996. Las irrupciones de aire frío fueron clasificadas en 4 tipos y la mayoría de ellas se dividieron en categorías (fuerte, moderada y débil) de acuerdo a su intensidad. La irrupción de aire frío más poderosa está asociada con una vaguada en altura sobre la costa este de Sudamérica, y una cuña al oeste. Este tipo de patrón le permite al anticiclón de superficie avanzar hacia latitudes más bajas, produciendo una importante entrada de aire frío desde altas latitudes.

Pezza y Ambrizzi (2001) estudiaron climatológicamente la relación entre la propagación de ondas de frío en América del Sur y las trayectorias de anticiclones migratorios fríos y ciclones extratropicales. Sus resultados mostraron que los anticiclones migratorios fríos ingresan al continente Sudamericano alrededor de los 35°S a 45°S, para luego pasar al Océano Atlántico por latitudes más bajas. Además analizaron como caso particular las olas de fríos de Junio y Julio de 1994 sobre la región tropical, mostrando que el anticiclón frío que produjo intensas heladas en el sur de Brasil fue detectado en la región de Nueva Zelanda con 20 días de anticipación.

Como fue descripto más arriba, la mayoría de los trabajos relacionados con irrupciones de aire frío en Sudamérica, consisten en análisis de composición de casos y permiten comprender climatológicamente la circulación asociada a este tipo de episodios a partir de los campos medios obtenidos. Sin embargo sería interesante poder identificar las variadas situaciones que conducen a la interpretación de ese campo medio. Este último aspecto está incluido en el desarrollo de este capítulo de la Tesis que persigue dos objetivos fundamentales:

- a) sintetizar la variabilidad de los campos de circulación asociados a irrupciones de aire frío en la región central de la Argentina y su frecuencia de ocurrencia,
- b) analizar la propagación de las irrupciones de aire frío mediante la obtención de las trayectorias de los anticiclones migratorios que impulsan el aire frío desde el sur del país.

Esta investigación se realizó en base a 15 años (1979/1993) de información correspondientes a los niveles de 1000 y 500 hPa del reanálisis del Centro Europeo (ECWMF). La información se halla presente en puntos de grilla de 2,5° de latitud por 2,5° de longitud y la región de estudio está conformada por las latitudes de 20° a 60°S, y las longitudes de 40° a 130°O. El periodo de estudio comprendió los meses de Mayo a Septiembre.

Para la definición de irrupción de aire frío se utilizó el criterio de detección de **Descensos Intensos Significativos de Temperatura media (DIST)** que fuera obtenido en el **Capítulo 2**.

Por lo tanto, para llevar a cabo la primera parte del objetivo se tomaron los 96 casos relacionados con la ocurrencia de **DIST** en la Ciudad de Buenos Aires (por considerarse un lugar referente del centro del país) a partir de las observaciones de la estación **OCBA**. Las fechas correspondientes a los días seleccionados se pueden observar en la **Tabla 3.0**.

4-May-79	6-Sep-83	16-May-89
22-May-79	28-Sep-83	24-May-89
26-May-79	5-May-84	4-Jun-89
4-Jun-79	10-May-84	10-Jun-89
12-Jun-79	19-May-84	5-Sep-89
20-Jun-79	29-May-84	9-Jun-90
2-Aug-79	3-Jul-84	19-Jun-90
13-Sep-79	12-Jul-84	9-Aug-90
19-Jun-80	19-Jul-84	31-Aug-90
14-Jul-80	12-Sep-84	11-Sep-90
29-Jul-80	19-May-85	17-Sep-90
11-Aug-80	29-May-85	22-Sep-90
16-Aug-80	2-Jun-85	4-May-91
22-Aug-80	5-Jul-85	21-May-91
15-Sep-80	9-Jul-85	12-Jun-91
25-May-81	10-Sep-85	3-Jul-91
26-Jun-81	13-Sep-85	31-Aug-91
15-Jul-81	29-May-86	14-Sep-91
26-Aug-81	11-Jun-86	28-Sep-91
28-Sep-81	11-Aug-86	16-May-92
14-May-82	29-Aug-86	27-May-92
15-Jun-82	3-Sep-86	27-Jun-92
18-Jul-82	8-May-87	14-Jul-92
22-Aug-82	12-Jun-87	21-Jul-92
5-Sep-82	22-Jun-87	8-Aug-92
16-Sep-82	18-Jul-87	28-Aug-92
27-Sep-82	24-Jun-88	22-Sep-92
5-May-83	22-Jul-88	25-Sep-92
28-May-83	31-Jul-88	24-May-93
29-Jul-83	25-Aug-88	2-Jul-93
15-Aug-83	9-Sep-88	24-Jul-93
19-Aug-83	14-Sep-88	16-Aug-93

Tabla 3.0: Fechas correspondientes a los días seleccionados para la realización de la clasificación sinóptica asociada a descensos intensos significativos de temperatura (DIST) en la Ciudad de Buenos Aires.

Luego se realizó una clasificación objetiva de secuencias de campos de circulación en superficie y altura relacionados con estos eventos. Esta secuencia esta formada por el campo de circulación 2 días antes del evento (día -2), un día antes (día -1) y el día del evento (día 0).

Para llevar a cabo la clasificación propuesta se aplicó el Análisis de Componentes Principales (ACP) con una matriz de correlación en Modo - T (Green, 1978; Richman, 1986). Las ecuaciones matemáticas y algunas de las principales propiedades de esta metodología se pueden encontrar en Richman(1986).

Para obtener los Patrones de Secuencias Principales (PSP) de 1000 y 500 hPa se utilizó la aproximación de Compagnucci et al (2001). En esta aplicación, las variables son secuencias de patrones espaciales de altura geopotencial que se corresponden con un evento y la matriz de correlación corresponde a una correlación entre secuencias para cada evento. Esta elección garantiza la independencia entre cada una de las variables.

Luego fue aplicada la rotación Varimax reteniendo siete y tres componentes principales (CPs) para 1000 hPa y 500 hPa, respectivamente, con el propósito de separar la señal del ruido en los datos reales. Existen diferentes criterios para elegir el número adecuado de componentes principales a rotar (Richman et al, 1992). En esta oportunidad, la cantidad de componentes principales retenidas para ambos niveles fue determinada de acuerdo al siguiente procedimiento: se realizaron sucesivas rotaciones en las cuales para cada una de ellas se iba incrementando de a uno la cantidad de componentes a retener. Luego se observaba visualmente cómo se iban modificando las componentes resultantes a medida que se aumentaba el número de componentes retenidas, y se tomaba como número de componentes a retener a aquel que no mostraba cambios sustantivos en las componentes con respecto a las obtenidas en la rotación anterior.

En ambos niveles, la cantidad de componentes retenidas (siete en 1000 hPa y 3 en 500 hPa) explicaron el 70% de la varianza.

3.1. ALTURA GEOPOTENCIAL DE 1000 HPA.

Los patrones de secuencias principales corresponden a secuencias de patrones de circulación cuyos respectivos porcentajes de varianza y varianza acumulada se muestran en la **Tabla 3.1.**

PSP	VAR.(%)	VAR.ACU(%)
1°	18,4	18,4
2°	16,8	35,2
3°	14,4	49,6
4°	9,7	59,3
5°	4,4	63,7
6°	3,4	67,1
7°	2,8	69,9

Tabla 3.1: Varianza explicada y varianza explicada acumulada por cada PSP.
(PSP = Patrón de Secuencia Principales)

El análisis de las componentes de peso permite evaluar la representatividad de los patrones como situaciones sinópticas reales, valores cercanos a 1 representan secuencias de situaciones meteorológicas similares a las secuencias de patrones obtenidos (Harman, 1976; Cattel, 1978). Las primeras cuatro componentes de peso muestran valores mayores que 0,7. Esto significa que los patrones de secuencias teóricos y las situaciones sinópticas reales tienen similar configuración. El resto de los **PSP** son menos representativos y representan situaciones meteorológicas especiales pero poco frecuentes.

Los **PSP** teóricos pueden ser relacionados con dos posibles modos de circulación. Uno de ellos (modo directo) corresponde al sistema con el mismo signo que el **PSP** teórico, es decir alta presión en el sistema con valores positivos y baja presión en el sistema con valores negativos. La otra posibilidad es tener el modo inverso. Es decir baja presión en el sistema con valores positivos. Esta segunda posibilidad no es una situación real asociada a irrupciones de aire frío debido a que no se ha podido hallar ningún caso con esta descripción.

En las **figuras 3.1 a 3.7** se muestran los 7 patrones de secuencias principales y ejemplos de secuencias reales de campos de circulación que tienen factores de peso superiores a 0,7 para las cuatro primeras componentes y superiores a 0,6 para las tres restantes.

El **PSP 1** se muestra en la **Figura 3.1 (izquierda)** que presenta tres gráficos correspondientes al día -2 (arriba), al día -1 (medio) y al día 0, que está relacionado con el día en el cual se produce el **Descenso Intenso Significativo de Temperatura (DIST)** en la ciudad, abajo. Este **PSP** explica el 18,4% de la varianza, y muestra la evolución temporal típica de aquellas situaciones sinópticas que se están asociadas con **Descensos Intensos Significativos de Temperatura** en la región central de Argentina (Marengo et al, 1997; Compagnucci y Salles, 1997; Garreaud, 2000; Vera y Vigliarolo, 2000).

Dos días antes (día -2) que la masa de aire frío llegue a la ciudad, se observa un intenso anticiclón sobre el océano Pacífico Sur centrado en 90°O, 50°S que comienza a moverse hacia la Argentina. El día del descenso de temperatura (día 0) el anticiclón migratorio alcanza el sur de la Patagonia provocando vientos de dirección Sud-Sudeste sobre Buenos Aires. Al mismo tiempo, una región de baja presión se extiende desde el norte del país hacia el Atlántico sur en dirección Nor-Noroeste/Sud-Sudeste con un mínimo valor

sobre el Océano Atlántico Sur. Esta característica está asociada al pasaje de un frente frío sobre la Argentina.

La **figura 3.1 (derecha)** muestra una secuencia de campos reales de altura geopotencial de 1000 hPa correspondiente a los días 29 al 31 de Agosto de 1991, fecha en la cual se produjo un descenso de $5,5^{\circ}\text{C}$ en la temperatura media. El coeficiente de correlación entre esta situación real y el **PSP 1** es de 0,77, mostrando un buen ajuste con el patrón teórico.

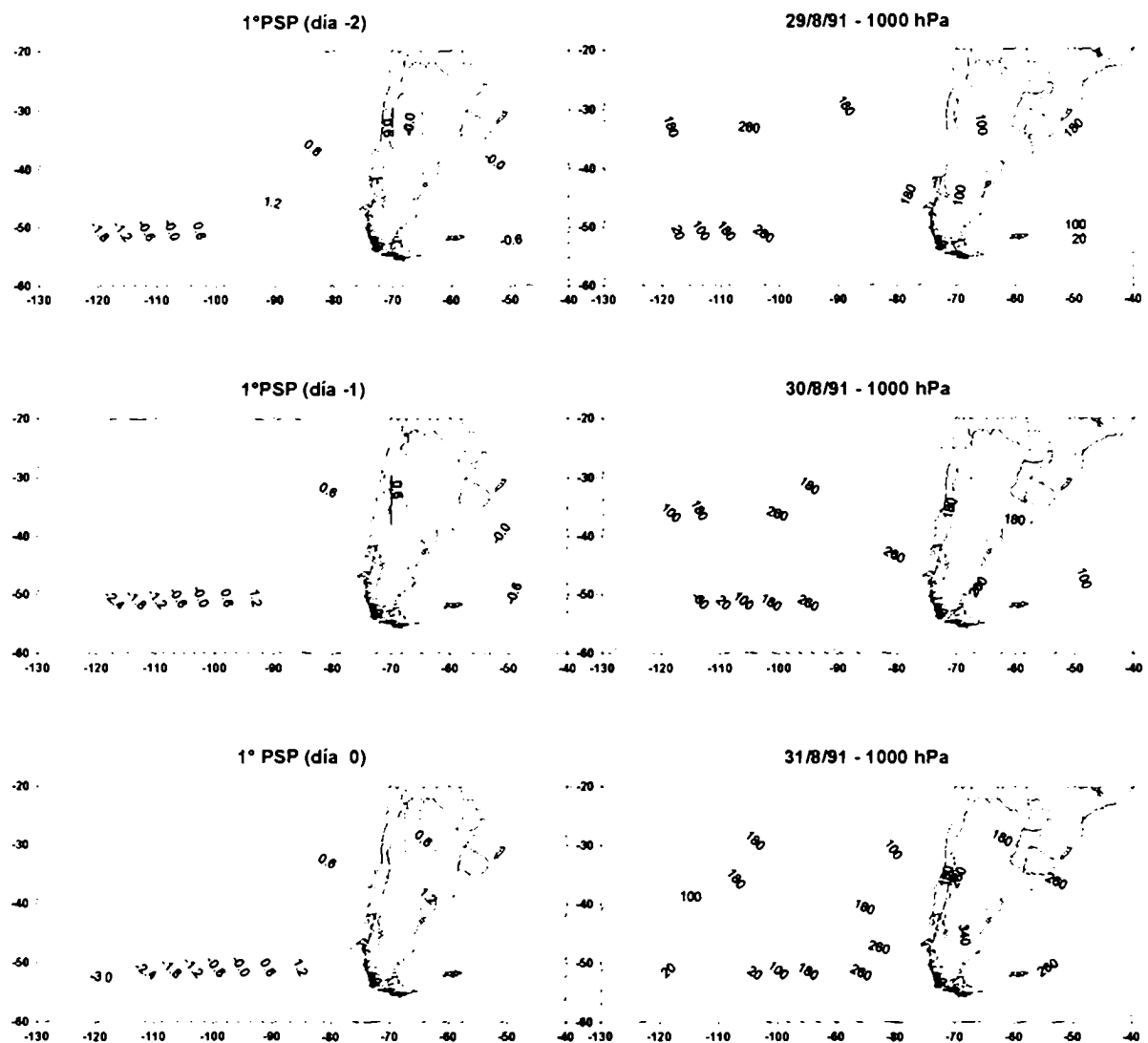


Figura 3.1: Primer Patrón de Secuencia Principal (PSP) (izquierda) y secuencia de mapas reales del 29/8/91 al 31/8/91 (derecha).

El segundo patrón de secuencias (**PSP 2**)(**Figura 3.2**)(**izquierda**) explica 16,8% de la varianza, y muestra un sistema de alta presión sobre el océano Pacífico que se mueve lentamente hacia el este durante los tres días al mismo tiempo que se va intensificando, alcanzando su máximo valor el día 0. Al mismo tiempo, se puede observar una vaguada sobre el Océano Atlántico asociado con una perturbación sinóptica que avanza sobre la región de estudio. Ambos sistemas, el anticiclón del Océano Pacífico y el sistema de baja presión en el Océano Atlántico, producen un flujo del sudoeste sobre el centro del país asociado a una fuerte advección de aire frío.

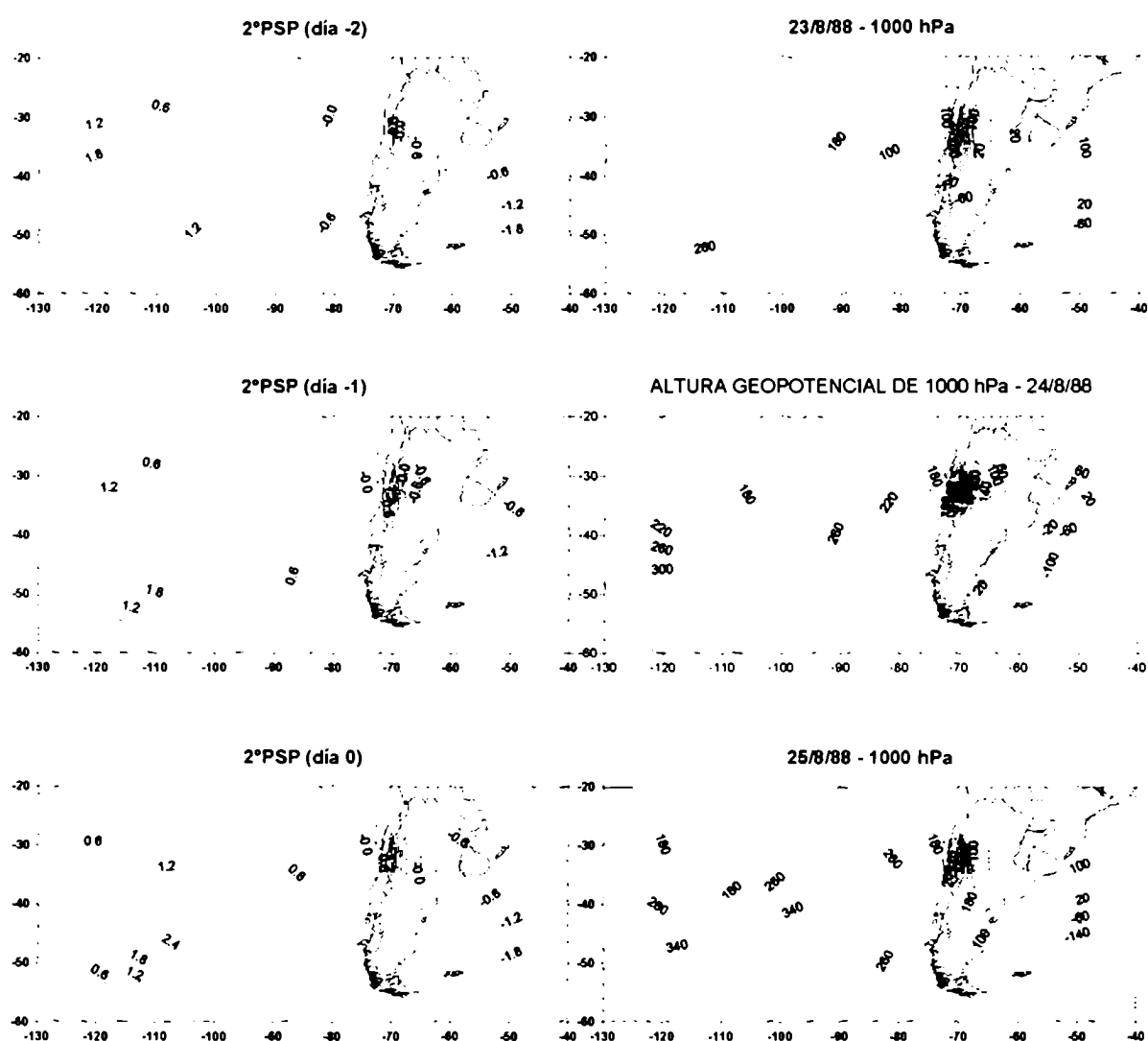


Figura 3.2: Segundo Patrón de Secuencia Principal (PSP) (izquierda) y secuencia de mapas reales del 23/8/88 al 25/8/88 (derecha).

La **figura 3.2 (derecha)** muestra una secuencia de situaciones meteorológicas reales correspondientes a los días 23/8/88 al 25/8/88. Dicha situación produjo un descenso de $7,2^{\circ}\text{C}$ en la temperatura media de la Ciudad de Buenos Aires.

En el Océano Pacífico se puede observar la estructura de un gran anticiclón cuasi estacionario sobre el meridiano 110°O produciendo anticlogénesis sobre el área continental. Al mismo tiempo, un sistema de baja presión localizado en el Océano Atlántico sobre el meridiano 60°O se va intensificando a medida que se desplaza hacia el este. La conjunción de ambos sistemas provoca una fuerte advección de aire frío desde el sud-sudoeste que penetra en el continente el día 24, intensificándose al día siguiente.

El **PSP 3 (Figura 3.3)(izquierda)**, con 14,4% de la varianza, muestra una vaguada de onda larga con eje Norte-Sur en el Océano Pacífico Sur que se desplaza lentamente hacia el este durante el transcurso de los días. Debido a esta vaguada, el anticiclón Subtropical semipermanente del Océano Pacífico es perturbado al sur del paralelo 30° y se mantiene localizado al oeste del meridiano 120°O .

Además, un anticiclón post-frontal comienza a entrar en el continente el día -1 por el paralelo 37°S aproximadamente. El día del descenso de temperatura (día 0), su centro se encuentra localizado en la costa este del continente sobre el paralelo 50°S cubriendo de la región Centro-Noreste del cono sur.

La **figura 3.3 (derecha)** muestra un patrón real de secuencias de cartas de altura geopotencial de 1000 hPa que se halla altamente correlacionado con el patrón teórico de secuencias descrito en el párrafo anterior. El proceso que comienza el día 22/7/93 (panel superior) y finaliza el día 24/7/93 (panel inferior) produce un descenso de temperatura de $5,4^{\circ}\text{C}$ en la Ciudad de Buenos Aires. Se observa que durante la incursión del anticiclón postfrontal sobre el área continental, el mismo se intensifica y propaga hacia latitudes más

bajas (Lichtenstein, 1989; Gan and Rao, 1994; Seluchi et al, 1998; Garreaud, 1999; Vera y Vigliarolo, 2000).

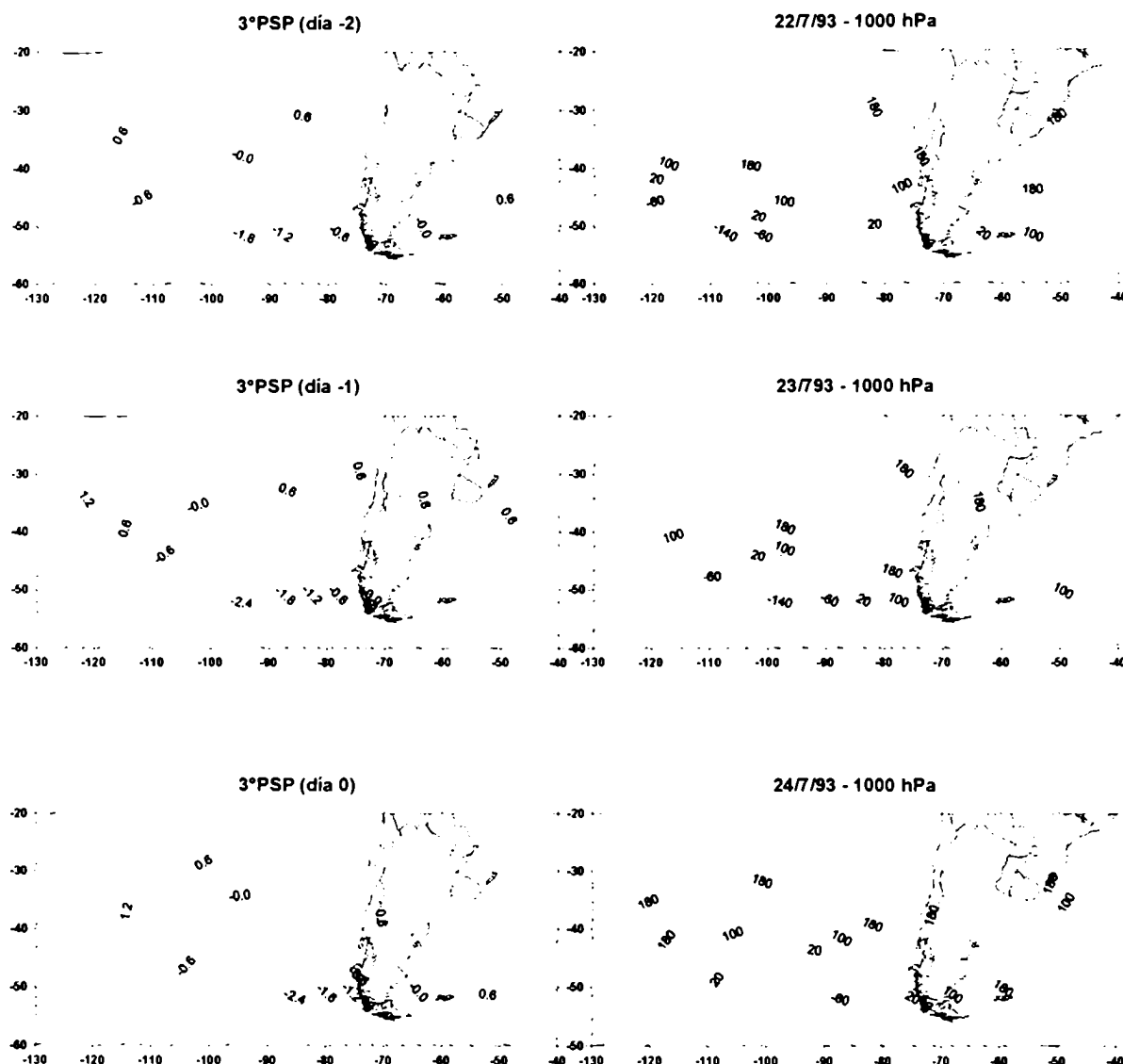


Figura 3.3: Tercer Patrón de Secuencia Principal (PSP) (izquierda) y secuencia de mapas reales del 22/7/93 al 24/7/93 (derecha).

El **PSP 4** (Figura 3.4)(izquierda) explica 9,7% de la varianza, con un mínimo de altura geopotencial centrado en 120°O, 35°S que se mueve lentamente hacia el sudeste durante el transcurso de los días. Al mismo tiempo, se puede apreciar un cinturón de máximas alturas geopotenciales extendido desde el Océano Pacífico Sur (125°O, 55°S) con

eje Sudoeste/Noreste, alcanzando la parte central del continente y conectándose con el anticiclón Subtropical del Atlántico.

El día -1, el borde oriental del cinturón anticiclónico localizado en la parte este del Océano Pacífico comienza a desarrollarse y a afectar la parte sur del continente. Su centro se ubica en 80°O, 45°S y se propaga hacia el noreste para finalizar el día 0 en el norte de la Patagonia. Este sistema de alta presión está relacionado con el pasaje de un frente frío que contribuye con la advección de aire frío sobre el centro de Argentina.

La secuencia real de cartas de tiempo que se haya altamente correlacionada con este patrón principal de secuencias se puede observar en la **Figura 3.4 (derecha)**. La misma muestra el avance de un frente frío sobre la Ciudad de Buenos Aires entre los días 17 y 19 de junio de 1990. Este proceso provoca sobre la ciudad un descenso en la temperatura media de 6,1°C. Al igual que en el **PSP 3**, se puede apreciar la intensificación del anticiclón postfrontal a medida que ingresa en el continente. También se puede observar un mínimo de altura geopotencial asociado a un centro de baja presión en 40°S, 120°O que se propaga lentamente hacia el sudeste al mismo tiempo que el anticiclón migratorio entra en el continente.

Las componentes quinta, sexta y séptima (**Figuras 3.5, 3.6 y 3.7(izquierda)**), explican poco porcentaje de varianza (4,4%, 3,4%, y 2,8%, respectivamente) y representan patrones de secuencias poco frecuentes que conducen a **Descensos Intensos Significativos de Temperatura** sobre la Ciudad de Buenos Aires. Ellas están relacionadas a circulaciones asociadas preferentemente a sistemas de baja presión sobre el océano Atlántico.

Las **Figuras 3.5, 3.6 y 3.7 (derecha)** presentan secuencias reales de situaciones meteorológicas correlacionadas con dichas componentes.

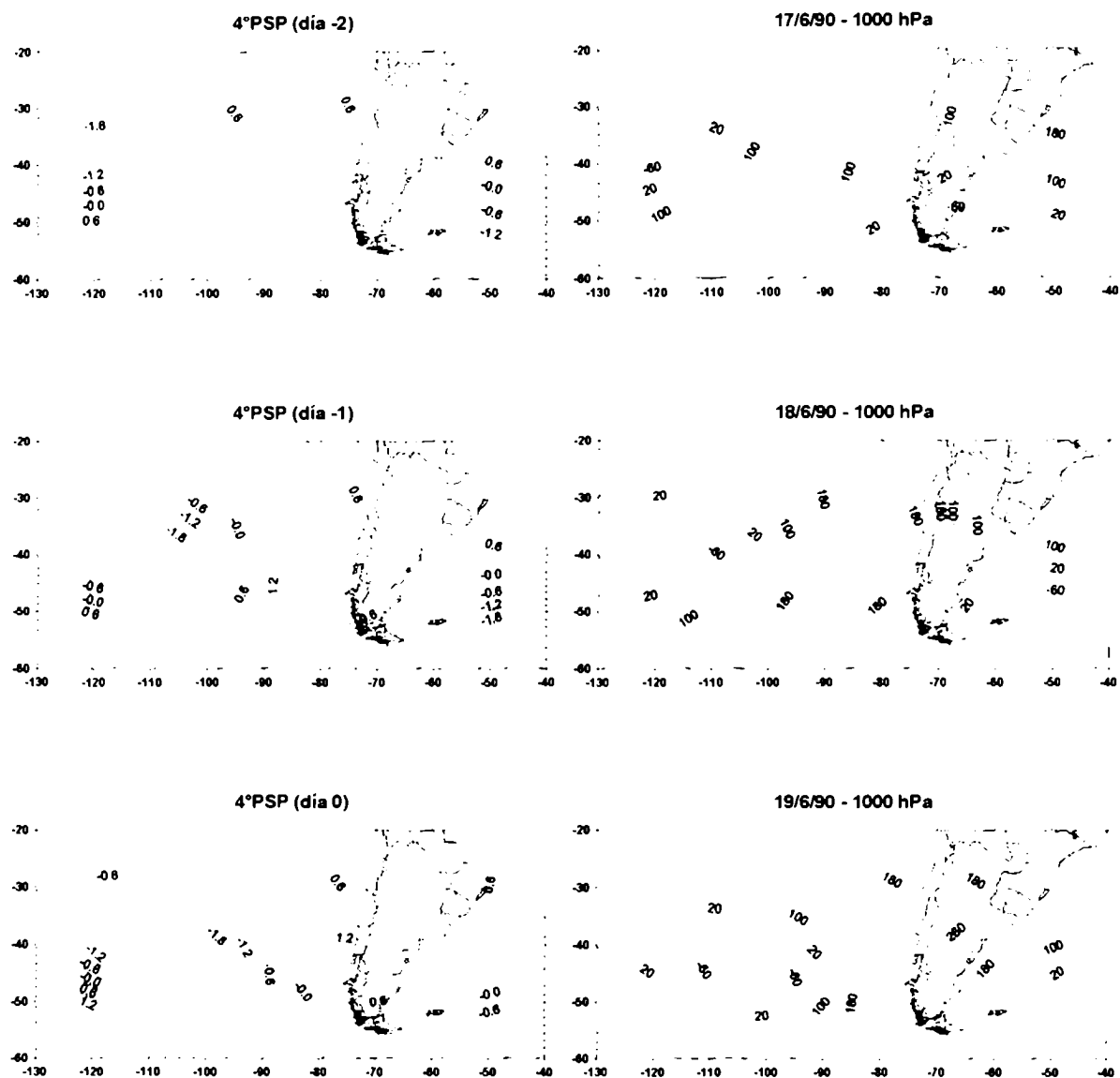


Figura 3.4: Cuarto Patrón de Secuencia Principal (PSP) (izquierda) y secuencia de mapas reales del 17/6/90 al 19/6/90 (derecha).

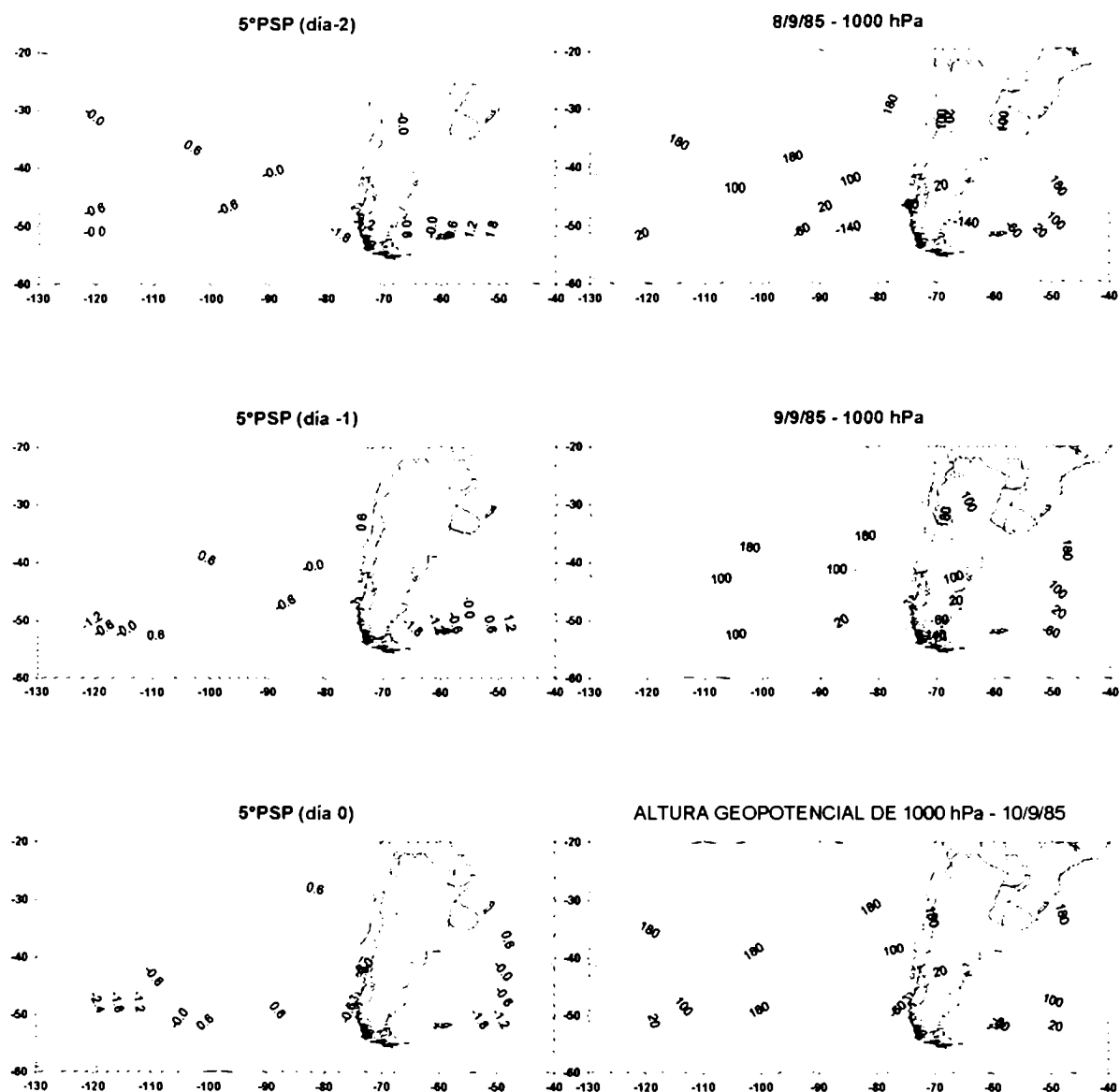


Figura 3.5: Quinto Patrón de Secuencia Principal (PSP) (izquierda) y secuencia de mapas reales del 8/9/85 al 10/9/85 (derecha).

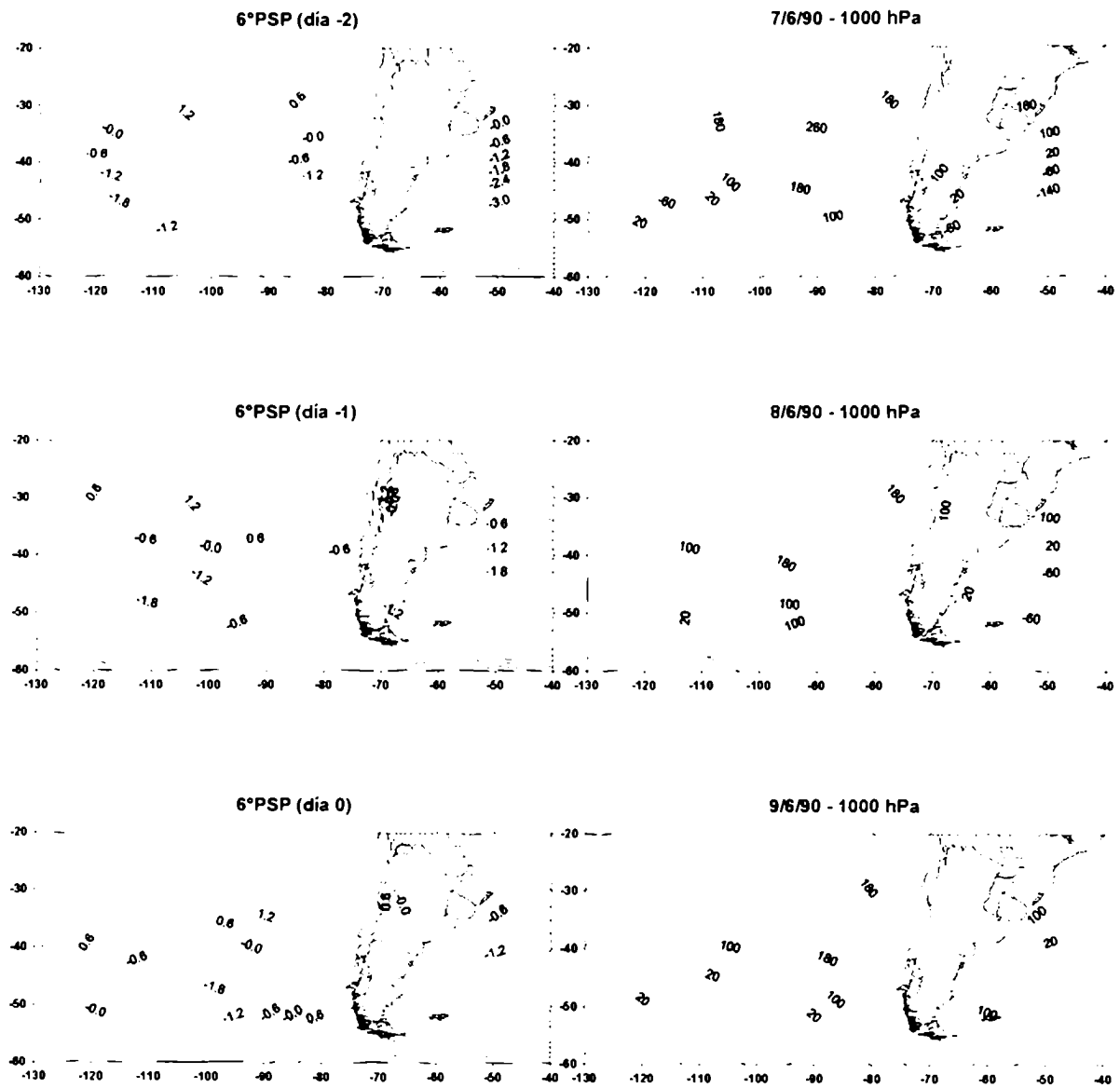


Figura 3.6: Sexto Patrón de Secuencia Principal (PSP) (izquierda) y secuencia de mapas reales del 7/6/90 al 9/6/90 (derecha).

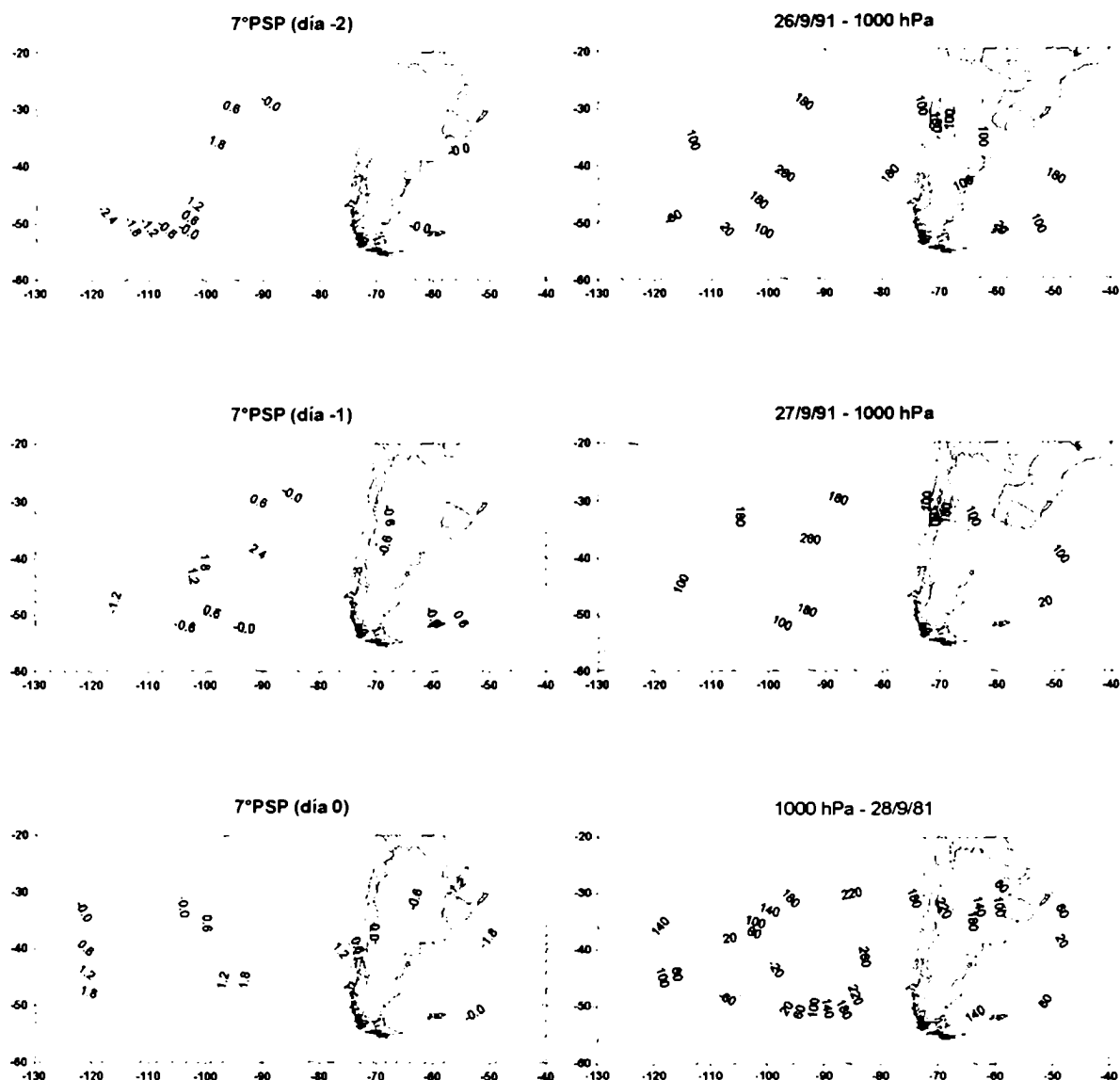


Figura 3.7: Séptimo Patrón de Secuencia Principal (PSP) (izquierda) y secuencia de mapas reales del 26/9/91 al 28/9/91(derecha).

Resumiendo, se puede decir que la circulación atmosférica predominante en superficie asociada a Descensos Intensos Significativos de Temperatura en la región central de Argentina está determinada por varios tipos de anticiclones postfrontales. Estos pueden ingresar al continente por latitudes que van desde 32°S hasta 50°S, aproximadamente. Resultados concordantes referidos a la trayectoria de los anticiclones migratorios que ingresan en el continente Sudamericano, fueron encontrados por Lima y Satyamurty (1991), Alessandro (1998) y Pezza y Ambrizzi (2001).

Los estudios realizados por Alessandro (1998) mostraron que los sistemas anticiclónicos entran al continente Sudamericano alrededor del paralelo 40°S en Invierno. Sin embargo, el límite norte se extiende alrededor del paralelo 20°S y los sistemas más intensos se hallan entre los 40°S y 48°S.

3.2. ALTURA GEOPOTENCIAL DE 500 HPA.

A continuación se analizó la altura geopotencial de 500 hPa debido a que es el nivel que representa a la atmósfera media y tiene, entre otras funciones, la propiedad de conducir a los sistemas de superficie adquiriendo en consecuencia gran importancia en el pronóstico del tiempo.

Para obtener los Patrones de Secuencias Principales (PSP), se utilizó nuevamente la aproximación de Compagnucci et al (2001) obteniéndose tres **PSP** que explicaron el 70% de la varianza, mientras que para el nivel de 1000 hPa se necesitaron siete **PSP** como fue mostrado en 3.1. Luego, para el análisis de la altura de 500 hPa, se aplicó la rotación Varimax para los primeros tres **PSP**. La varianza y la varianza acumulada para los **PSP** rotados se muestran en la **Tabla 3.2**.

En las **figuras 3.8 a 3.10** se muestran los primeros tres **PSP** y las secuencias de situaciones reales correlacionadas con estos patrones teóricos cuyos factores de peso fueron superiores a 0,7.

PSP	VAR.(%)	VAR.ACU(%)
1°	25,5	25,5
2°	23,8	49,3
3°	21,1	70,4

Tabla 3.2: Varianza explicada y varianza explicada acumulada por cada PSP. (PSP = Patrón de Secuencia Principales).

El **PSP 1 (Figura 3.8)(izquierda)** explica 25,5% de la varianza, mostrando una vaguada de onda larga cuyo eje se extiende hacia el sudeste desde latitudes subtropicales hacia la parte sur del continente. Al mismo tiempo se puede observar una región de alta presión asociada con un intenso anticiclón localizado en 120°O, 50°S. Este patrón de circulación en niveles altos muestra la clásica Omega invertida asociada generalmente con situaciones de bloqueo que claramente interrumpen el normal flujo hacia el Este de las perturbaciones sinópticas (Sinclair, 1996).

La **figura 3.8 (derecha)** muestra una secuencia de situaciones reales en 500 hPa de similar configuración, sin embargo, la vaguada del Océano Pacífico posee una estructura y comportamiento de mayor complejidad que la descrita en el **PSP**. En el día -2 correspondiente al 3/5/84, sobre el eje de vaguada de onda larga se pueden identificar tres secciones asociadas a ondas de diferente longitud. Una en latitudes más bajas que 40°S (línea negra), otra en latitudes medias (línea azul) y la última en latitudes al sur del continente (línea roja).

A través de las secuencias de los días el sector de vaguada más austral (roja) se mueve rápidamente hacia el este y desaparece del área analizada durante el día -1. El sector de vaguada de latitudes medias (azul) se mueve hacia el este y el día 0 se localiza al sur de 40°S manteniendo una inclinación de Noroeste hacia el Sudeste, siendo esta la perturbación que da lugar al descenso intenso significativo de temperatura en la Ciudad de Buenos Aires. Esta porción de la vaguada principal (azul) puede moverse hacia el este posiblemente debido a que en esas latitudes la altura de la Cordillera de los Andes no supera los 2000 metros, mientras que al norte del paralelo 35°S el sector de vaguada de latitudes más bajas (negra) permanece en el Océano Pacífico.

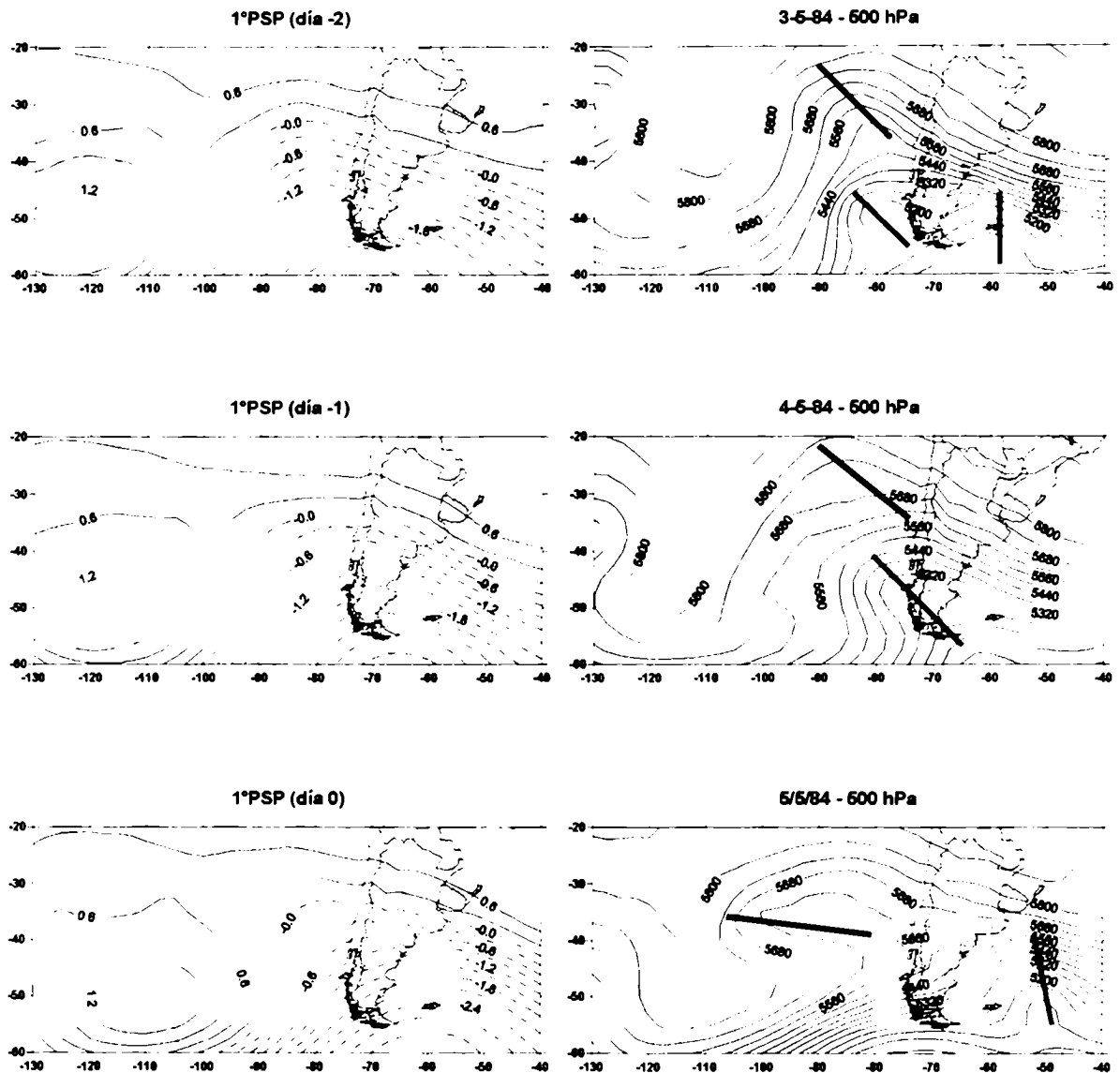


Figura 3.8: Primer Patrón de Secuencia Principal (PSP) (izquierda) y secuencia de mapas reales del 3/5/84 al 5/5/84(derecha).

Resumiendo, la estructura de la tropósfera media corresponde a una vaguada de onda corta al sur de 40°S que, superpuesta sobre una vaguada de onda larga, permite introducir el aire frío hacia la región central de Argentina (Krishnamurti et al, 1999).

El **PSP 2** describe 23,8% de la varianza. Este patrón presenta una importante vaguada de onda larga extendida sobre el Océano Pacífico Sur, al sur del paralelo 35°S.

Al mismo tiempo, un gran anticiclón está localizado en una vasta región del Océano Atlántico Sur con un eje de cuña asociado en 55°O. Entre ambos sistemas se observa una vaguada de onda corta que afecta la porción oeste del continente y que se mueve hacia el sudeste.

Un ejemplo de situaciones meteorológicas reales correspondientes a los días 22 al 24/7/93 se puede observar en la **Figura 3.9 (derecha)**, donde el principal sistema, especialmente sobre el Pacífico, se halla bien representado. Se observan dos regiones afectadas por sistemas de baja presión; una pronunciada vaguada en el Océano Pacífico cerca del meridiano 95°O y al norte del paralelo 35°S, y una vaguada sobre el oeste del continente en latitudes medias al sur del paralelo 40°S. Esta última onda se halla localizada en el centro del país el día -1 y se mueve rápidamente hacia el noreste a medida que se va intensificando, afectando el sur de Brasil el día 0. Al mismo tiempo una cuña se intensifica al Oeste de la misma dando lugar a una configuración que corresponde a una típica entrada de aire frío sobre el continente que trae aparejado descensos importantes de temperatura en la Ciudad de Buenos Aires.

Además, se puede observar una importante zona de baja de presión sobre el Océano Pacífico Sur asociada a una vaguada de onda larga que se extiende en dirección Noroeste - Sudeste y se mueve lentamente durante los tres días.

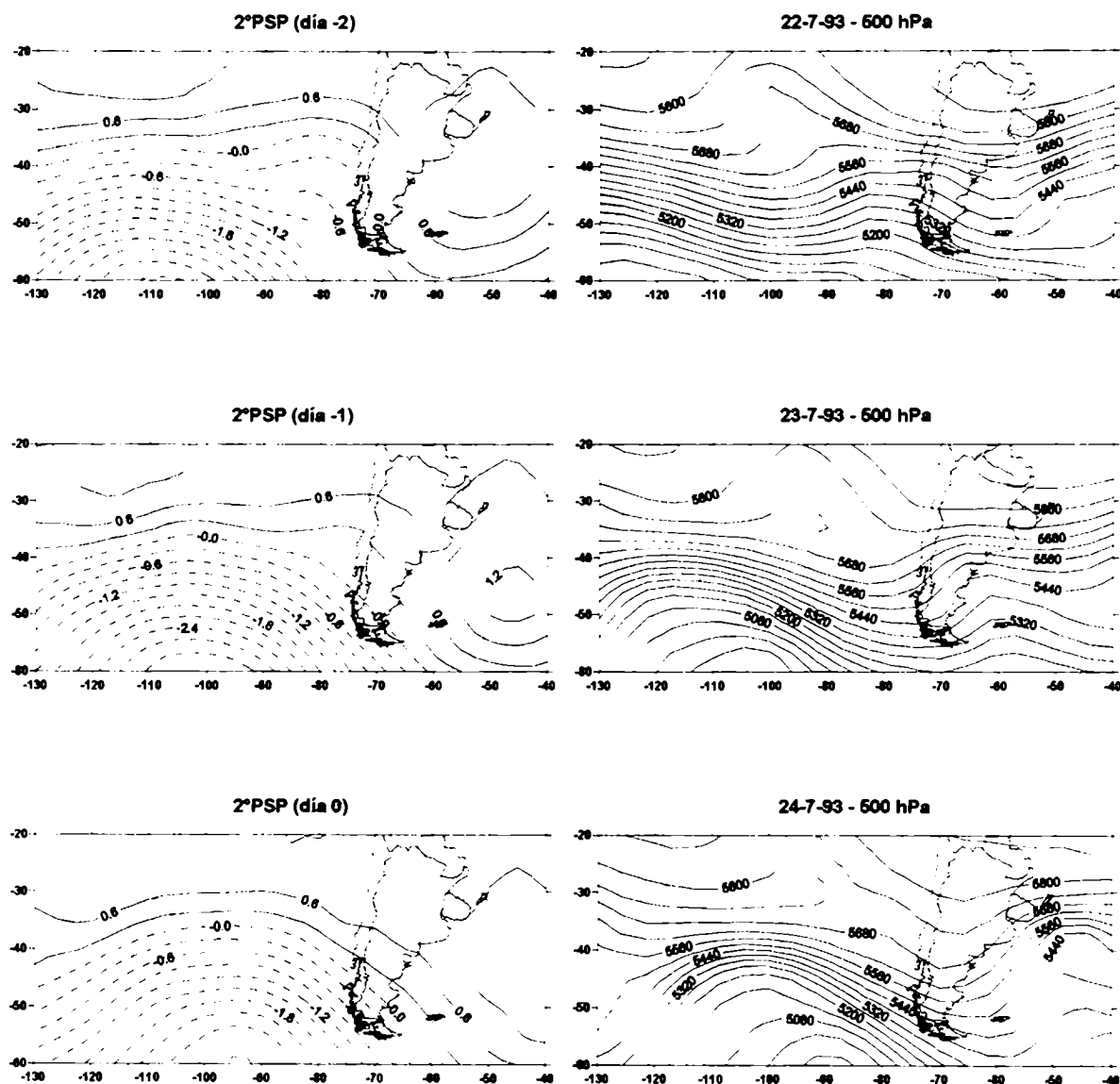


Figura 3.9: Segundo Patrón de Secuencia Principal (PSP) (izquierda) y secuencia de mapas reales del 22/7/93 al 24/7/93(derecha).

El PSP 3 (Figura 3.10)(izquierda) explica 21,1% de la varianza. El patrón teórico presenta una importante cuña con eje extendido desde el norte hacia el sur sobre el Océano Pacífico cerca de 90°O, y dos centros pronunciados de baja presión a ambos lados de la región de análisis. En particular, la vaguada de onda larga localizada sobre el Océano Atlántico cerca de 45°O estaría directamente relacionada con la entrada de aire frío.

El día -2, se puede observar un sistema de alta presión centrado en 95°O, 60°S que se mueve hacia el este y se localiza el día 0 sobre el sudeste de Chile. Al mismo tiempo, sobre el Océano Atlántico, existe una intensa vaguada extendida en dirección Noroeste - Sudeste entre los días -2 y 0, intensificándose a medida que se desplaza hacia el este. Esta configuración de presión en niveles altos determina un flujo de dirección sud - sudoeste sobre toda Argentina y que permite que aire frío de niveles más bajos penetre hacia el norte del país. Este patrón contribuye a subsidencia sobre el sur del área continental y también corresponde con una típica estructura Omega invertida relacionada frecuentemente con situaciones de bloqueo (Sinclair, 1996).

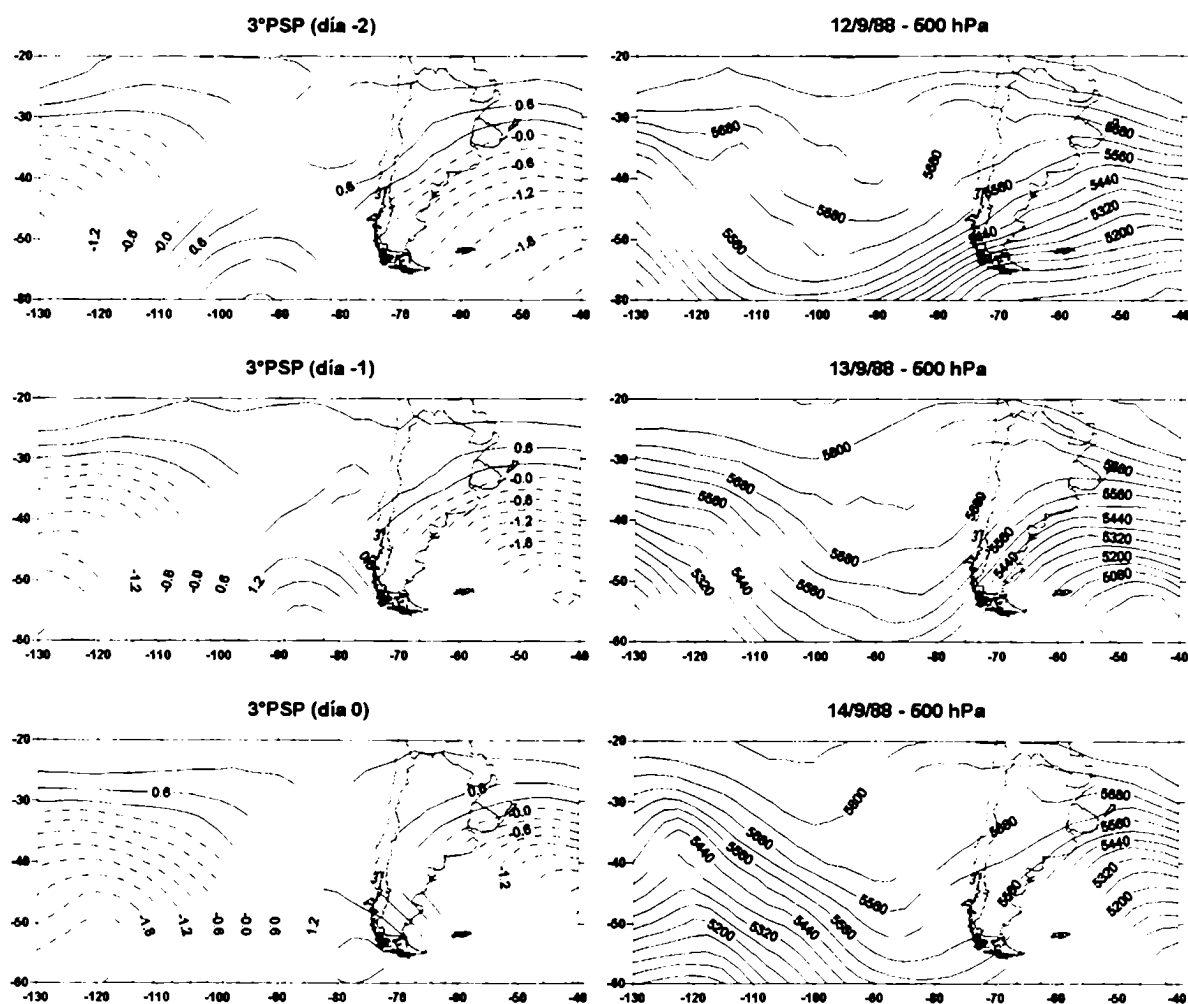


Figura 3.10: Tercer Patrón de Secuencia Principal (PSP) (izquierda) y secuencia de mapas reales del 12/9/88 al 14/9/88(derecha).

La secuencia real muestra una similar configuración de altura geopotencial correspondiente a los días 12 al 14/9/88 (**Figura 3.10 (derecha)**). Se observa una cuña y una vaguada en el cono sur moviéndose lentamente hacia el este. A través de la evolución temporal de las situaciones meteorológicas, se observa una profunda vaguada de similar característica a la descripta en el **PSP**.

3.3. RELACIÓN ENTRE LOS CAMPOS DE CIRCULACIÓN DE ALTURA Y SUPERFICIE.

A continuación se relacionó los campos de circulación de 500 hPa y 1000 hPa con el propósito de comprender aún más la estructura vertical de la circulación atmosférica asociadas a descensos intensos significativos de temperatura la región central de Argentina.

La relación se obtuvo mediante el análisis de la serie de factores de peso de cada componente principal en cada nivel. La **Tabla 3.3** muestra los coeficientes de correlación entre las series de factores de peso de 1000 hPa y 500 hPa.

	PSP500 1	PSP500 2	PSP500 3
PSP1000 1	-0.56	0.10	0.71
PSP1000 2	0.86	-0.58	-0.34
PSP1000 3	-0.49	0.88	-0.41
PSP1000 4	0.40	-0.36	0.12
PSP1000 5	0.26	0.19	-0.40
PSP1000 6	-0.02	-0.12	0.27
PSP1000 7	-0.06	0.17	-0.14

Tabla 3.3: Coeficientes de correlación entre las series de factores de pesos de 1000 hPa y 500 hPa.

Las mejores relaciones entre todas las posibles combinaciones para ambos niveles fueron en orden de importancia las siguientes: la tercera de 1000 hPa con la segunda de 500 hPa, segunda de 1000 hPa con la primera de 500 hPa y la primera de 1000 hPa con la tercera

de 500 hPa. En la **Figura 3.11** se muestran estas relaciones mediante el graficado de las series de factores de peso.

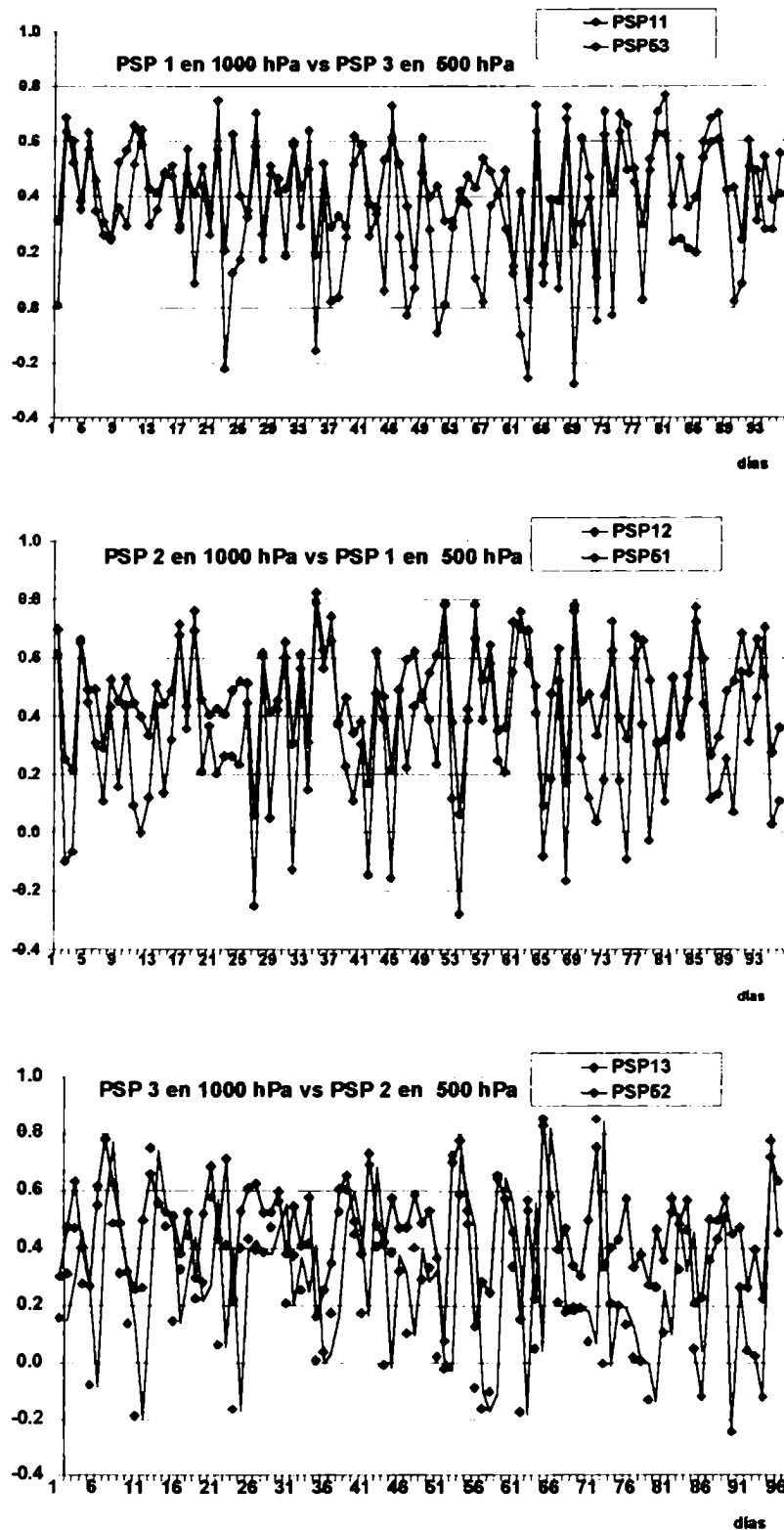


Figura 3.11: Series de Factores de Peso: PSP 1 en 1000 hPa vs PSP 3 en 500 hPa (arriba), PSP 2 en 1000 hPa vs PSP 1 en 500 hPa (centro) y PSP 3 en 1000 hPa vs PSP 2 en 500 hPa (abajo).

i) PSP 3 en 1000 hPa con PSP 2 en 500 hPa (correlación = 0,88)(Figura 3.11)(abajo).

En la **Figura 3.12** se observa un caso particular relacionado con este par de secuencias de 500 hPa (**izquierda**) y 1000 hPa (**derecha**).

En el nivel de 500 hPa (**Figura 3.12**)(**izquierda**), se observa una vaguada de onda larga sobre el Océano Pacífico a lo largo de un eje con dirección noroeste – sudeste que se amplifica a medida que se desplaza hacia el este. Al mismo tiempo, sobre el continente sudamericano, aparece una vaguada al oeste de los Andes durante el día -2, propagándose hacia el noreste para instalarse en el este de Sudamérica durante el día 0.

En el nivel de 1000 hPa (**Figura 3.12**)(**derecha**), se observa un anticiclón postfrontal entrando al continente el día -1 por el paralelo 40°S e instalándose en el centro de Argentina el día 0. Dicha evolución de la configuración de presión en niveles bajos se asocia con la perturbación sinóptica observada en el nivel 500 hPa, que fuera descripta en el párrafo anterior. Además, la vaguada en el nivel de 500 hPa comienza a profundizarse a medida que se desplaza hacia el este, particularmente cuando se halla sobre el Océano Atlántico. La altura geopotencial en 1000 hPa muestra el día 0 un intenso ciclón sobre el Océano Atlántico en 45°O, 35°S conectado con la perturbación de altura descripta anteriormente. Este sistema de baja presión también contribuye a empujar el aire frío desde el sur hacia las bajas latitudes. Este modelo de circulación se asemeja al encontrado por Vera y Vigliarolo (2000) cuando analizaron el comportamiento de la circulación en la troposfera asociada a la ocurrencia de heladas en el sur de Brasil.

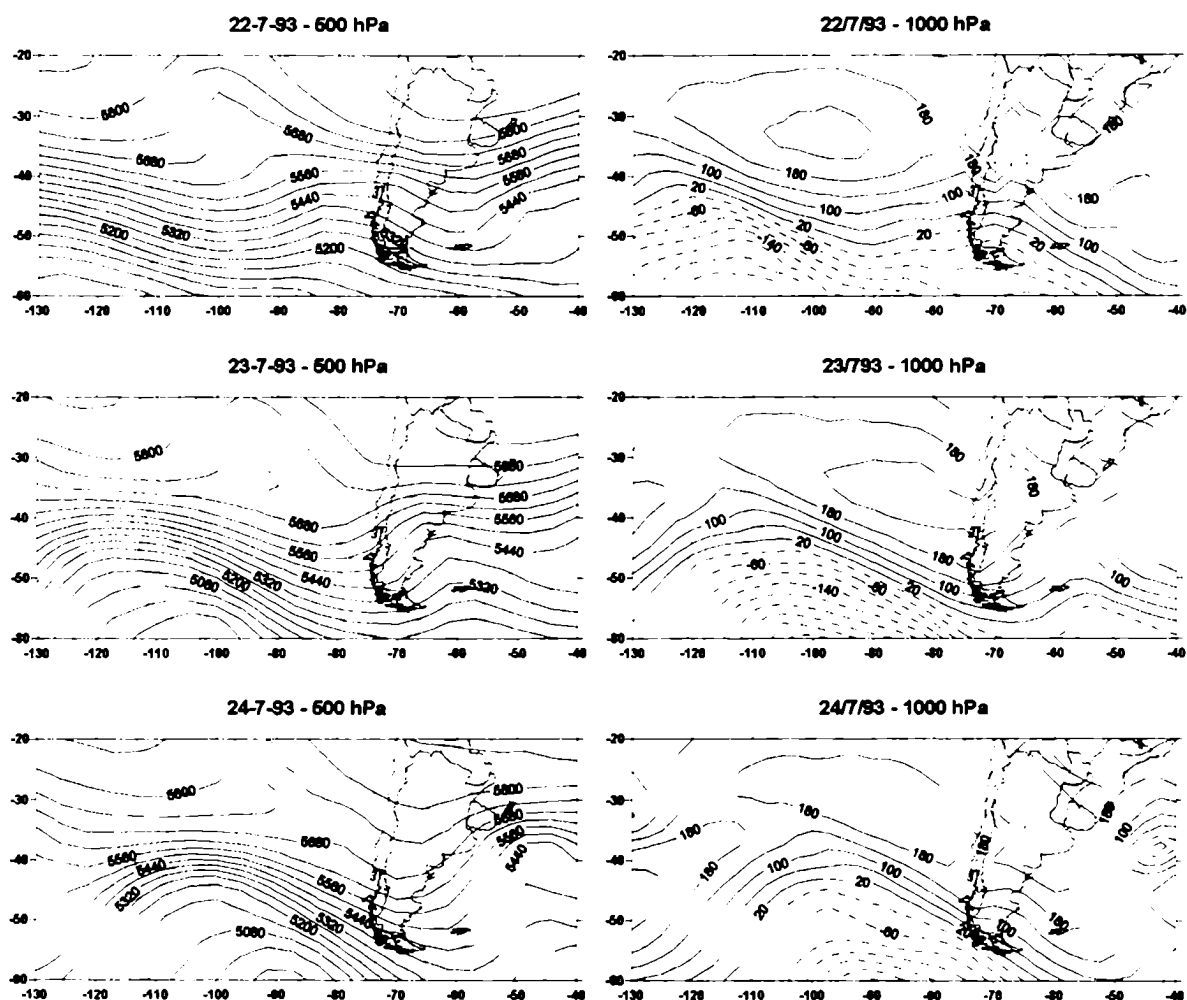


Figura 3.12: Altura geopotencial de 500 hPa (izquierda) y 1000 hPa (derecha) correspondiente a los días 22/7/93 al 24/7/93.

ii) PSP 2 en 1000 hPa con PSP 1 en 500 hPa (correlación = 0,86)(Figura 3.11)(centro).

La Figura 3.13 muestra un caso particular relacionado con este par de secuencias de 500 hPa (izquierda) y 1000 hPa (derecha). Esta situación comienza el 3 de Mayo de 1984 y finaliza el día 5 de Mayo de 1984, produciéndose un descenso de 8,7°C en la Ciudad de Buenos Aires

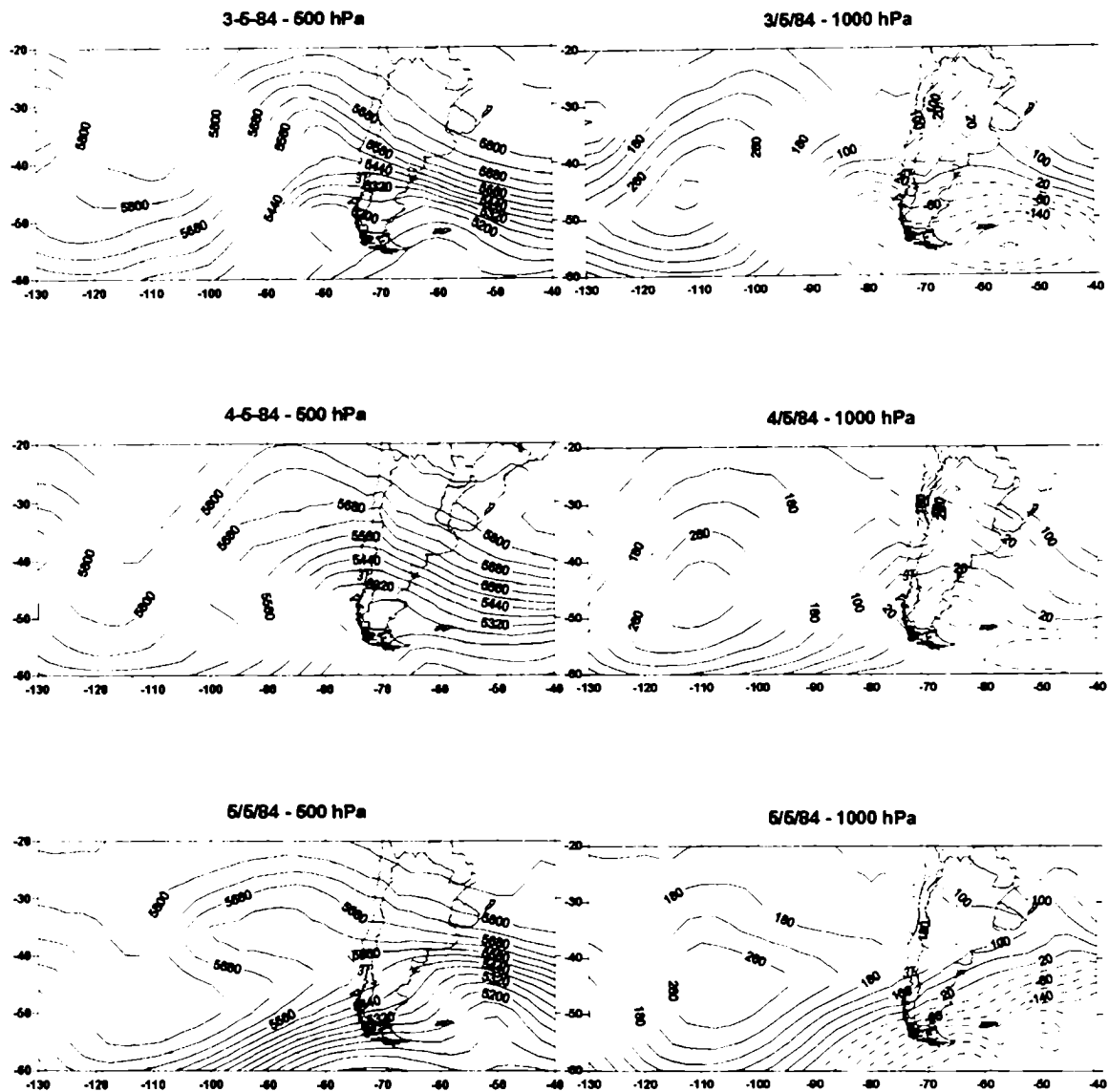


Figura 3.13: Altura geopotencial de 500 hPa (izquierda) y 1000 hPa (derecha) correspondiente a los días 3/5/84 al 5/5/84.

La circulación de gran escala en 500 hPa (**Figura 3.13**)(izquierda) está caracterizada por una onda larga, con una cuña orientada de norte de sur sobre el Océano Pacífico y una intensa vaguada extendida desde el Oeste de los Andes hacia el sudoeste del Océano Atlántico. Este patrón de circulación que predomina en el Océano Pacífico persiste entre los días -2 y 0, mientras que sobre el continente se observa el día -1 una perturbación ciclónica de onda corta que se mueve hacia el este y luego se localiza en el Océano Atlántico.

La configuración de altura en 1000 hPa (**Figura 3.13**)(**derecha**) muestra un intenso centro anticiclónico localizado alrededor de 110°O, 50°S que se mueve lentamente hacia el este. Al mismo tiempo, sobre la Patagonia Argentina, se puede observar un sistema de baja presión el día -1 moviéndose hacia el este y posicionándose el día 0 alrededor de 50°O, 55°S. Además, se observa el avance de un anticiclón migratorio sobre la región central de Argentina favoreciendo la entrada de aire frío proveniente del sur del país.

Este tipo de configuración de presión sobre toda la tropósfera, caracterizada por una lenta propagación, está asociada a situaciones de bloqueos sobre el Océano Pacífico (Sinclair, 1996).

i) **PSP 1** en 1000 hPa con **PSP 3** en 500 hPa (correlación = 0,7)(**Figura 3.11**)(**arriba**).

La **figura 3.14** muestra un par de secuencias diarias en 500 hPa (**izquierda**) y 1000 hPa (**derecha**), correspondientes a los días 8/6/89 al 10/6/89 asociadas a este par de patrones. Esta situación produjo un descenso de temperatura de 5,3°C sobre la Ciudad de Buenos Aires.

Este es el modelo de circulación más común asociado a **Descensos Intensos Significativos de Temperatura** sobre la región central del país que se halla relacionado con el pasaje de un frente frío típico(Garraud, 2000; Vera y Vigliarolo, 2000).

En 500 hPa (**Figura 3.14**)(**izquierda**) se puede observar una cuña con eje norte - sur alcanzando su máxima intensidad el día 0.

Además, se observa una vaguada sobre el Océano Atlántico cuyo eje se extiende en dirección noroeste – sudeste y se mueve lentamente hacia el noreste a medida que se va intensificando.

Esta configuración produce persistentes vientos del sudoeste en niveles altos que favorece al frecuente pasaje de sistemas migratorios en niveles bajos. En esos casos, el centro y norte de Argentina está dominada por fuertes advecciones de aire frío que persiste por varios días.

En la **Figura 3.14(derecha)** se muestra la evolución temporal de situaciones meteorológicas en niveles bajos. Se observa una perturbación anticiclónica centrada el día -2 alrededor de 85°O, 50°S que se propaga hacia el noreste y se instala el día 0 sobre la Provincia de Buenos Aires.

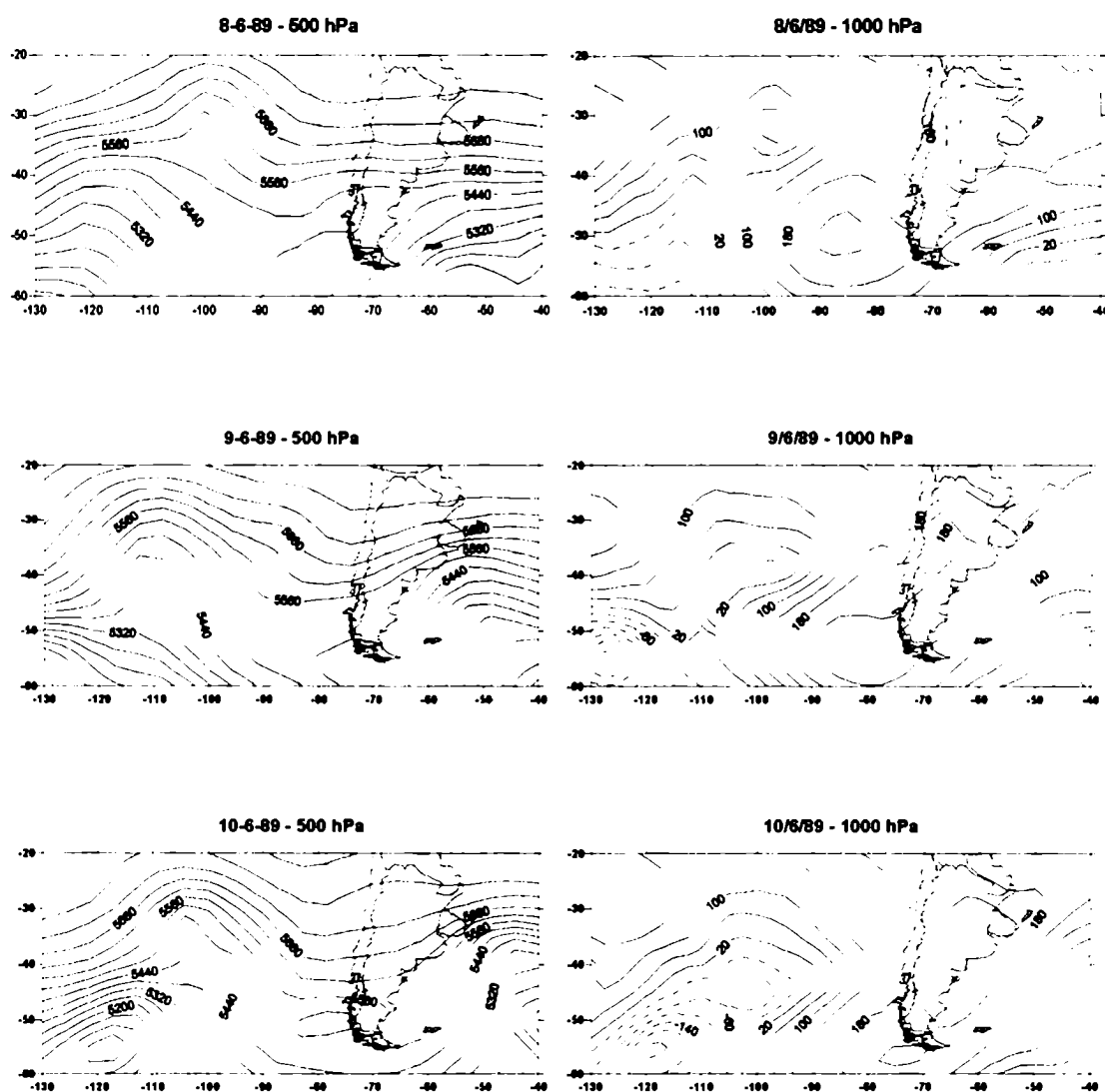


Figura 3.14: Altura geopotencial de 500 hPa (izquierda) y 1000 hPa (derecha) correspondiente a los días 8/6/89 al 10/6/89.

El resto de los **PSP** en 1000 hPa (**PSP 4 a PSP 7**) no tienen relación directa con alguna condición específica en 500 hPa pero presentan diversidad en las condiciones de la tropósfera media. Esto se pudo comprobar a través de los significativos pero bajos valores de correlación entre las series de componentes de peso en 1000 hPa y 500 hPa.

3.3.1. VARIABILIDAD INTERANUAL DE LOS MODELOS DE CIRCULACION ASOCIADOS A DESCENSOS INTENSOS SIGNIFICATIVOS DE TEMPERATURA MEDIA DIARIA (DIST).

En esta sección se analiza año a año la relación entre los tres modelos predominantes de circulación (**Figuras 3.12, 3.13 y 3.14**) asociados a **Descensos Intensos Significativos de Temperatura media diaria (DIST)** y los días con **DIST** en la Ciudad de Buenos Aires. En primer término se determinó la presencia de cada uno de los tres modelos considerados en cada invierno (Mayo / Septiembre), teniéndose en cuenta las series de factores de peso de cada modelo con ocurrencia de **DIST**. En este caso se tomó como factor de peso un valor superior o igual a 0,6 como límite en el coeficiente de correlación entre cada modelo y el campo de circulación de cada uno de los días con **DIST**. Es decir, cuando el día respectivo se correlacionaba en más de 0,6 con alguna de los tres modelos, se tomaba a éste último como el más importante en la producción del **DIST** correspondiente.

En la **Figura 3.15** se presenta la distribución anual para el período 1979/1993 de cada uno de los tres modelos considerados. Los tipos de modelos fueron identificados de acuerdo a las características del anticiclón postfrontal asociado al descenso provocado en Buenos Aires. Es decir, aquel que muestra al anticiclón ingresando por latitudes más bajas fue identificado como Ant. Norte (color rojo), el que presenta al anticiclón con características de bloqueo en el Océano Pacífico Sur se lo nombró Ant. Bloqueo (color azul), y el modelo más clásico relacionado a estos eventos se lo llamó Ant. Clásico (color verde). Las barras en

color negro indican la cantidad de días con **DIST** que no pudieron identificarse con ninguno de los tres modelos estudiados.

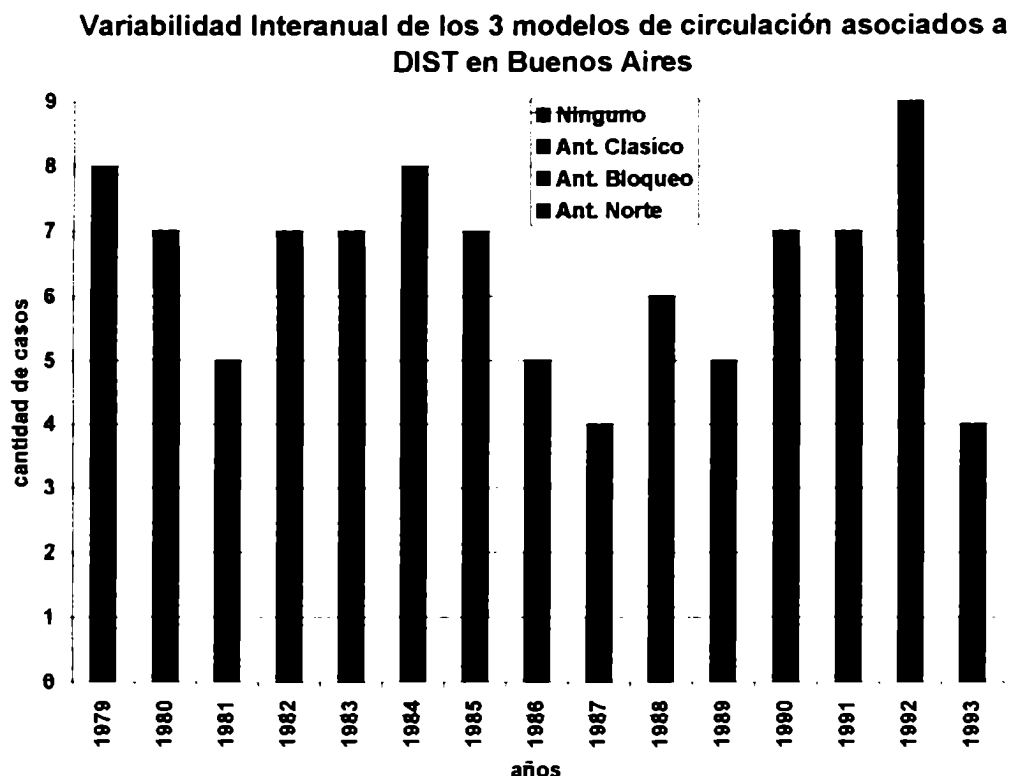


Figura 3.15: Distribución anual de los tres modelos de circulación asociados a DIST en Buenos Aires Período 1979 - 1993.

El análisis de esta Figura muestra que existe años en los cuales hay días con **DIST** que no se hallan asociados con ninguno de los tres modelos de importancia relacionados con estos eventos, como por ejemplo los años 1980, 1985 y 1992. En estos años algunas de las situaciones meteorológicas responsables de los **DIST** en Buenos Aires no fueron de las más frecuentes sino que resultaron estar asociadas a otros modelos de circulación de menor importancia o bien fueron la resultante de la combinación de varios modelos.

Otros años como el 1984, 1988 y 1989 presentaron días con **DIST** que pudieron ser representados, en su mayoría, por algunos de los tres modelos de importancia.

3.4. EL CONSUMO DIARIO DE GAS NATURAL DE TIPO DE RESIDENCIAL Y SU RELACION CON LAS IRRUPCIONES DE AIRE FRÍO EN LA CIUDAD DE BUENOS AIRES.

Durante Mayo y Septiembre, la ciudad de Buenos Aires se ve afectada por **Descensos Intensos Significativos de Temperatura (DIST)** seguidos de días con temperaturas bajas. Bajo estas circunstancias el sector energético, principalmente el gas natural, sufre inconvenientes debido a la fuerte demanda en el consumo de dicho fluido (van den Berg, 1994); Gil, 1999; Bertolotti et al, 2001).

Por lo tanto, para garantizar un adecuado suministro de gas natural, es importante predecir con la mayor antelación posible los **Descensos Intensos Significativos de Temperatura**.

En esta aplicación se plantea como objetivo mejorar el pronóstico de la demanda de gas natural de tipo residencial para la ciudad de Buenos Aires mediante la obtención de una clasificación objetiva de situaciones sinópticas asociadas al día previo de la fuerte demanda de dicho fluido.

3.4.1. CRITERIO DE DETECCIÓN DE DÍAS CON FUERTE AUMENTO EN LA DEMANDA DE GAS NATURAL DE TIPO RESIDENCIAL.

En la **Figura 3.15** se muestran los cambios diarios en el consumo de gas natural de tipo residencial (metros cúbicos) en función de la temperatura media diaria del día anterior y del cambio diario de temperatura media diaria.

El período estudiado comprende los meses de Junio a Septiembre de los años 1993, 1994 y 1995.

Cambios diarios de consumos de gas natural (m³)

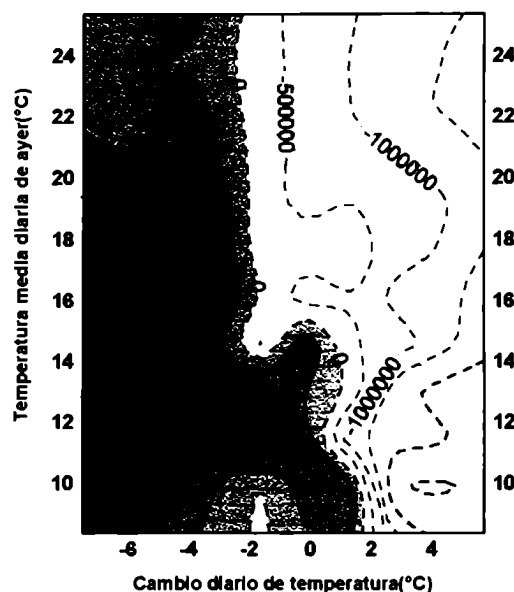


Figura 3.15: Cambios diarios en el consumo de gas natural de tipo residencial para la ciudad de Buenos Aires. En el eje vertical se muestra la temperatura media diaria del día anterior al aumento en la demanda de gas natural y en el eje horizontal se muestra el cambio diario de temperatura media diaria. Los aumentos en el consumo de gas se hayan sombreados. Isolíneas trazadas cada 500.000 metros cúbicos.

Se puede ver que los grandes aumentos en el consumo diario de gas (mayores a 2 millones de metros cúbicos) ocurren cuando la temperatura media diaria desciende más de 4°C y la temperatura media del día previo se haya comprendida entre 14°C y 18°C.

También se puede apreciar un máximo secundario cuando la temperatura media diaria del día previo se haya entre 11°C y 13°C y la temperatura desciende alrededor de 2°C.

Debido a que la información meteorológica con la que se contaba en esta ocasión no era coincidente con la correspondiente a la de consumos de gas, se procedió a seleccionar las situaciones meteorológicas correspondientes al día previo al aumento del consumo de gas natural de tipo residencial de acuerdo a los resultados obtenidos en la **Figura 3.15**.

Es decir, la selección de días se hizo en función de estos condicionantes:

- temperatura media diaria del día previo al aumento en el consumo de gas comprendida entre 14°C y 18°C.
- descensos diarios de temperatura media diaria superiores a 4°C.

De esta manera se garantiza, para la mayoría de los casos, grandes aumentos en el consumo diario de gas natural de tipo residencial.

La información utilizada consistió en datos diarios de temperaturas mínimas y máximas correspondientes a la estación Observatorio Central Buenos Aires (OCBA - 34°S, 58°W). Estos datos corresponden a los meses de Mayo a Septiembre por considerarse el período en el cual se producen los descensos de temperaturas más significativos.

Luego, se utilizaron los campos diarios de altura geopotencial de 1000 hPa (12 UTC) provistos por el Centro Europeo (ECWMF). El área de estudio estuvo comprendida por los paralelos 20° y 55°S, y los meridianos 40° y 120°W y el grillado utilizado fue de 2.5° de latitud x 2.5° de longitud. El período considerado correspondió a los años 1980 a 1988.

La información meteorológica fue suministrada por el Departamento de Ciencias de la Atmósfera, Universidad de Buenos Aires y el Servicio Meteorológico Nacional, Argentino. Los datos de consumo diario de gas natural de tipo residencial fueron cedidos por Metrogas S.A.

3.4.2. CLASIFICACIÓN DE LOS CAMPOS DE ALTURA GEOPOTENCIAL DE 1000 HPA.

Para la clasificación de las situaciones meteorológicas asociadas a grandes aumentos en el consumo diario de gas natural se empleó el Análisis por Componentes Principales rotadas en Modo – T (Green, 1978).

Se obtuvieron 5 modelos patrones que explicaron más del 90 de la varianza. Al comparar estas componentes con las obtenidas en 3.1, cuando se estudiaron las secuencias de los campos de circulación en 1000 hPa, se observaron configuraciones espaciales similares.

Tres de las cinco componentes obtenidas en el análisis de situaciones asociadas a grandes aumentos en el consumo de gas natural de tipo residencial pudieron ser identificadas con las que tenían mayor varianza explicada en el conjunto de las siete que se hallaron en 3.1. Estas se pueden identificar en orden de importancia asociadas a: un anticiclón postfrontal ingresando al continente desde el sud/sudoeste, un anticiclón de bloqueo en el Océano Pacífico Sur (110°O, 45°S), y un anticiclón postfrontal ingresando al continente zonalmente alrededor de los 35°S.

Las Figuras 3.16, 3.17 muestran las 2 primeras componentes principales con sus correspondientes situaciones meteorológicas reales que se hallan correlacionadas en más del 70%.

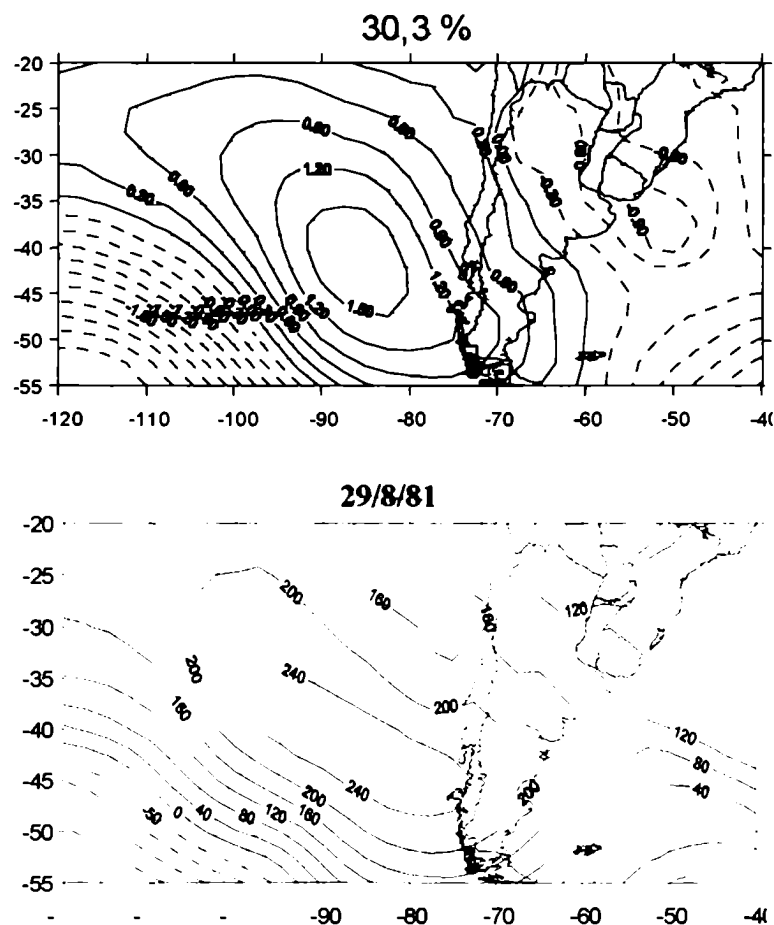


Figura 3.16: Primer componente principal y situación meteorológica real (29/8/81) altamente correlacionada.

El primer patrón (**Figura 3.16**) muestra que el día previo al aumento en el consumo de gas natural, el frente frío se mueve hacia la región de interés por delante del anticiclón postfrontal (posicionado en 85°O, 42°S) que dará lugar a la entrada de aire frío. Este patrón tiene una configuración espacial similar a la observada en el primer patrón de secuencias (1 PSP) para el día -1 de la ocurrencia del DIST (**Figura 3.1**)

El segundo modelo (**Figura 3.17**) muestra al anticiclón postfrontal moviéndose sobre el continente con mayor componente zonal (de oeste a este) y más al norte que en el caso anterior. Este patrón tiene una configuración espacial similar a la observada en el tercer patrón de secuencias (3 PSP) para el día -1 de la ocurrencia del DIST (**Figura 3.3**)

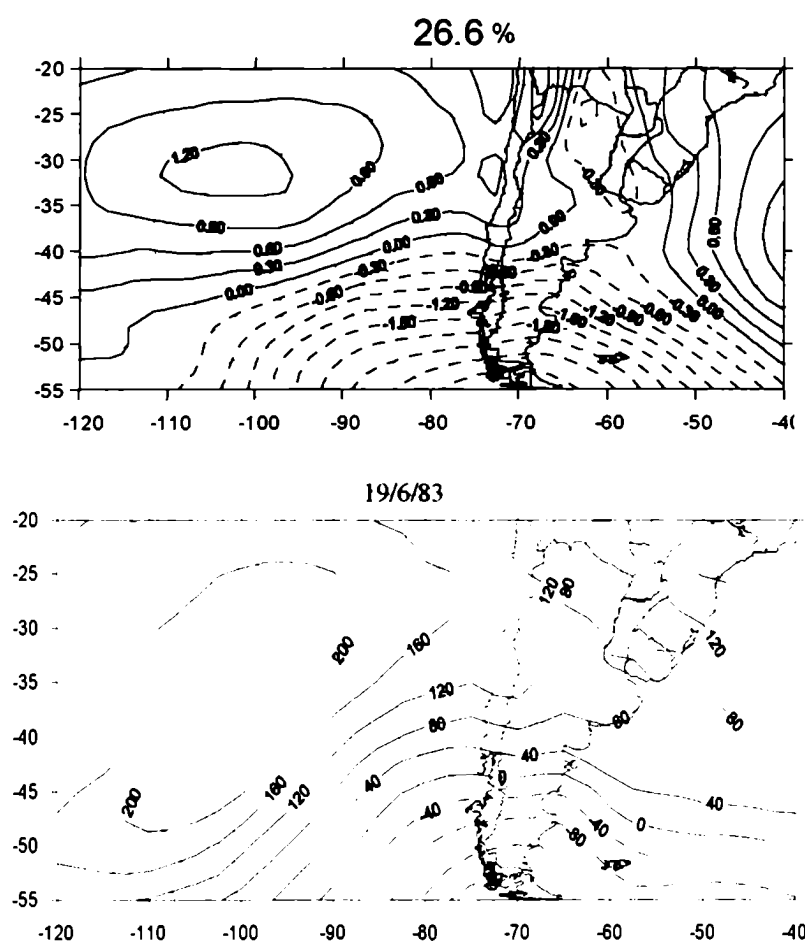


Figura 3.17: Segunda componente principal y situación meteorológica real (19/6/83) altamente correlacionada.

Por lo dicho anteriormente se puede inferir que el principal factor relacionado al aumento sustancial en el consumo de gas natural en esta ciudad está vinculado directamente, como era de esperar, a los **Descensos Intensos Significativos de Temperatura**.

3.5. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO 3.

Se realizó una clasificación objetiva de los campos de altura geopotencial de 1000 hPa y 500 hPa que permitió tipificar los principales modos de variación de la circulación atmosférica relacionados con **Descensos Intensos Significativos de Temperatura** en la región central de la Argentina.

Como el mismo porcentaje de varianza (70%) es explicado por 7 PSP en 1000 hPa y sólo por 3 PSP en 500 hPa, esto indica que la estructura de la circulación es más variable en 1000 hPa que en la tropósfera media para casos asociados a descensos intensos significativos de temperatura en la región central de Argentina.

En superficie, el patrón de circulación que conduce a **Descensos Intensos Significativos de Temperatura** en la región central de la Argentina corresponde a la entrada al continente de varios tipos de anticiclones postfrontales. Estos anticiclones pueden ingresar por latitudes que van desde los 32°S hasta los 50°S, aproximadamente. Los primeros cuatro modelos patrones de secuencias representan el mayor porcentaje de varianza explicada, mientras que el resto de los modelos representan patrones de circulación poco frecuentes y se caracterizan por la presencia de sistemas de bajas presión sobre el Océano Atlántico.

El modelo patrón de secuencias más común muestra un intenso anticiclón en el océano Pacífico Sur centrado alrededor de 50°S, 90°O que se desplaza lentamente, al mismo tiempo que se intensifica, y penetra hacia el continente para establecerse en la Patagonia argentina el día del evento.

En altura, los **Descensos Intensos Significativos de Temperatura** en la región central de Argentina se corresponden con tres modos de circulación. Los dos primeros se asocian con una vaguada de onda larga que afecta el continente, en el cual se hayan superpuestas perturbaciones de ondas más cortas, especialmente vaguadas que se desplazan rápidamente sobre la región central de Argentina. Y el tercer patrón de altura se corresponde con la clásica situación analizada por diversos autores (Marengo et al, 1997; Garreaud, 2000) y muestra una importante cuña hacia el Oeste en el Pacífico sobre la costa continental.

La combinación de ambos niveles muestra tres situaciones típicas asociadas a **Descensos Intensos Significativos de Temperatura** en la región central de Argentina. Dos de ellos corresponden a vaguadas de ondas largas en niveles altos que afectan el continente, uno con el anticiclón moviéndose sobre latitudes medias, y el otro con un anticiclón en superficie afectando latitudes más bajas sobre el continente. Por último, se obtuvo el patrón más clásico de circulación asociado a **Descensos Intensos Significativos de Temperatura** en la región central de Argentina. Este modelo presenta una importante cuña en el Océano Pacífico al Oeste de la costa continental que provoca movimientos de descensos sobre el centro de Argentina y que se haya acompañado por un anticiclón postfrontal en niveles bajos que advecta aire frío desde el Sur

Además, se encontró un modelo de circulación que se hallaba frecuentemente relacionado con situaciones de bloqueos en el Océano Pacífico Sur asociado a la persistente entrada de aire frío proveniente del Sur-Sudoeste sobre el centro del país. El campo de altura muestra una importante cuña en el Océano Pacífico cuyo eje se encuentra aproximadamente sobre el meridiano 110°O. Asimismo, en superficie se observa un intenso anticiclón centrado en 45°S, 110°O, prácticamente acoplado al campo de altura, indicando que el sistema tiene característica dinámica.

La obtención de estos tres modelos patrones de secuencias diarias de campos de altura geopotencial de superficie y altura permite explicar los principales modos de variación de circulación relacionados con **Descensos Intensos Significativos de Temperatura** media en la región central del país. Además, el hecho de haber considerado un dominio tan amplio no sólo permite extraer información proveniente del continente sino también de aquella que proviene del Océano Pacífico Sur que tiene valor predictivo y es de gran utilidad para la elaboración de pronósticos meteorológicos.

La relación entre los tres modelos predominantes de circulación asociados a **Descensos Intensos Significativos de Temperatura media diaria (DIST)** y la cantidad de días con **DIST** en la Ciudad de Buenos Aires mostró una importante variabilidad durante el período 1979/1993.

Se identificaron años en los cuales hay días con **DIST** que no se hallan asociados con ninguno de los tres modelos de importancia relacionados con estos eventos, como por ejemplo los años 1980, 1985 y 1992, y otros como el 1984, 1988 y 1989 que pudieron ser representados, en su mayoría, por algunos de estos tres modelos patrones. Es decir que para algunos años las situaciones meteorológicas que provocan **DIST** en Buenos Aires no son de

las más frecuentes sino que pueden asociarse con otros modelos de circulación de menor importancia o bien ser la resultante de la combinación de varios modelos.

Por último, el estudio de las situaciones meteorológicas asociadas a grandes incrementos de gas natural de tipo residencial en la Ciudad de Buenos Aires mostró una estrecha relación con los patrones de circulación asociados a los **DIST**.

CONCLUSIONES

El estudio de la temperatura media diaria y su variación interdiurna en el período que comprende los meses de Mayo y Septiembre para los años 1967/1996 en la zona Centro, Norte y Noreste de la Argentina permite establecer las siguientes conclusiones.

Se observaron dos zonas de máxima variabilidad de la **variación interdiurna de la temperatura media diaria**, una determinada por el *Centro y Noreste del país* y la otra conformada por las estaciones de *Santa Rosa, Neuquén, Bahía Blanca y Comodoro Rivadavia*. La máxima variabilidad encontrada especialmente en la región del *Litoral Fluvial Argentino* podría deberse a cambios de tiempo más frecuentes debido al pasaje de diversas perturbaciones sinópticas y a las usuales tormentas de masas de aire que afectan esta región. En tanto que para las estaciones ubicadas más al sur de la región de análisis, la máxima variabilidad es atribuida principalmente al predominio de pasaje de frentes fríos.

Las estaciones *San Rafael, Junín, Observatorio Central Buenos Aires, Tandil y Mar del Plata* determinaron una región de transición representada por una menor variabilidad.

Se observaron coeficientes de asimetría negativos al norte de *Observatorio Central Buenos Aires*, siendo más importantes en el mes de Septiembre. Esto indica que en esta región los descensos interdiurnos de temperatura media diaria son más marcados o intensos a comienzos de primavera.

El análisis de los **descensos interdiurnos de temperatura media diaria** mostró a la región *Centro Norte y Noreste de Argentina* como la más importante en lo que se refiere a la intensidad de los mismos. En particular los mayores descensos interdiurnos se manifestaron

en Septiembre y podrían estar asociados al cambio de estación (fin del invierno y comienzo de la primavera) con la excepción de *Santiago del Estero* y *Córdoba* donde estos valores extremos se detectaron en Julio. Los descensos interdiurnos más pequeños se encontraron en Junio.

El análisis de la **desviación estándar de los descensos interdiurnos de la temperatura media diaria** para el período Mayo/Septiembre presentó mínimos valores al sur de la estación *Observatorio Central Buenos Aires*, debido a que en esta época del año las variaciones aperiódicas del tiempo son producidas principalmente por el frecuente pasaje de frentes fríos que afectan esta región. Por otro lado, la región del *Litoral Fluvial Argentino* resultó ser la zona más variable en cuanto al comportamiento de estos descensos. Este máximo de variabilidad estaría asociado a la importancia que adquiere la componente advectiva, que provoca en consecuencia grandes amplitudes térmicas diarias y con la posterior entrada de aire frío (eventualmente asociados a frentes fríos con actividad convectiva) generan descensos térmicos más marcados. Toda esta combinación de efectos produce estados de tiempo más cambiantes generando en consecuencia desvíos mayores.

El análisis de las **secuencias de ascensos y descensos interdiurnos de la temperatura media diaria** permitió identificar a la a región del *Litoral Fluvial Argentino* con la mayor persistencia de días con ascensos y descensos interdiurnos de temperatura media diaria.

Comparando las secuencias de ascensos y descensos superiores a 2 días se observó que en el Litoral Fluvial Argentino la ocurrencia de los ascensos predomina sobre los descensos. De aquí se desprende que el aire cálido tiende a persistir más tiempo que el frío, posiblemente a que en esta región existe una menor frecuencia de pasaje de frentes fríos.

El análisis espectral promedio de la serie de variación interdiurna de la temperatura media diaria (Junio, Julio y Agosto) mostró que en el noreste argentino los fenómenos de variabilidad interdiurna de la temperatura media diaria son mejor representados por ondas de período más largo (7,1 a 13,0 días) que en el centro de la Argentina. La distribución espacial de la varianza explicada para estas ondas mostró sus mayores valores en la región del Litoral Fluvial Argentino y disminuye hacia el sur del área analizada.

El análisis espectral aplicado a la serie promedio de la variación interdiurna de la temperatura media diaria mostró que, principalmente en las estaciones del Litoral Fluvial Argentino, la señal de alrededor de 8 a 10 días tiene una preponderancia a tener una fase determinada en distintos inviernos. Lo mismo ocurrió en estaciones ubicadas en el centro sur de la región de estudio pero para las ondas comprendidas entre 4 y 5,4 días.

La variabilidad interanual de los procesos de escala sinóptica durante los meses de Junio, Julio y Agosto presentaron algunas características relevantes sólo en estaciones ubicadas en el noreste de la Provincia de Buenos Aires y el Litoral Fluvial Argentino. Cuando se tuvo en cuenta las bandas de ondas comprendidas entre 3,7 y 6,6 días, se identificó dos máximos principales en los años 1982 y 1985 y un máximo secundario en 1990. Un análisis similar pero para ondas asociadas a procesos de escala sinóptica pero en el extremo de las más cortas (3,7 a 4,4 días) permitió identificar un máximo de importancia en la varianza explicada para el año 1982 y mínimos y máximos secundarios para los años 1970 y 1980, y 1973 y 1974, respectivamente. Este comportamiento podría estar relacionado con variabilidad en los campos de circulación en el cono sur de Sudamérica.

Se definió un criterio de detección de **Descensos Intensos Significativos de Temperatura (DIST)** aplicable a toda la región de análisis, basado en los descensos interdiurnos de temperatura media diaria y en las temperaturas medias diarias del día anterior y del día del descenso. *Este criterio tuvo como objetivo hacer énfasis en el cambio brusco de temperatura asociado principalmente al pasaje de frentes fríos en toda la región de estudio por la magnitud del impacto que tienen en diferentes aspectos de la sociedad, como por ejemplo, la salud humana o el sector energético.*

La distribución espacial de la frecuencia porcentual de los **DIST** (calculada sobre todos los descensos intensos de temperatura (**DIT**)) presenta un mínimo en la región central y el Litoral Fluvial Argentino prácticamente durante todo el período analizado, mejor identificado en los meses de Junio, Julio y Agosto. Una posible explicación de este comportamiento estaría asociada con la magnitud de los **Descensos Intensos de Temperatura (DIT)**, que son máximos y oscilan entre $-4,5^{\circ}\text{C}$ y $-5,5^{\circ}\text{C}$, aproximadamente en la región central y Litoral Fluvial Argentino. Estos valores no llegan a ser suficientes para pasar de temperaturas mayores que las normales a menores que las normales, debido básicamente a que en esta la región las temperaturas prevalecientes durante el día anterior al descenso son superiores a las observadas en la región sur del área de estudio.

Las **secuencias de descensos interdiurnos de temperatura media diaria** obtenidas a partir de **Descensos Intensos Significativos de Temperatura media diaria** mostraron una mayor persistencia en estaciones que comprenden el norte de la Provincia de Buenos Aires, Córdoba y el Litoral Fluvial Argentino. Esto indicaría que la advección de aire frío, producto

del pasaje de un frente frío moderado o intenso, podría manifestarse en dos días o bien que ingresen otros sucesivos pulsos fríos más pequeños de tal forma que las secuencias de descensos se extiendan en el tiempo.

La clasificación sinóptica, realizada mediante el método de Componentes Principales, a las secuencias (días -2, -1, 0) de campos de circulación en superficie y altura asociada con irrupciones de aire frío en la región central de Argentina mostró **tres patrones principales**. Uno determinado por una cuña en altura inmediatamente al Oeste de la costa Sudamericana y el correspondiente anticiclón de superficie que ingresa al continente por el paralelo 50°S. El segundo modelo, identificado con eventos de bloqueos el Océano Pacífico, se halla caracterizado por una intensa cuña de onda larga en altura en el Océano Pacífico Sur sobre el paralelo 110° O. Sobre el área continental se observaron perturbaciones de ondas más cortas que irrumpían sobre el centro de Argentina y provocaban los correspondientes descensos de temperatura.

Por último el tercer modelo muestra la evolución de una perturbación sinóptica sobre el área continental que se profundiza sobre el Océano Atlántico el día que se produce el descenso de temperatura. Al mismo tiempo, sobre el Océano Pacífico Sur se observa una vasta zona dominada por bajas presiones al sur del paralelo 35° S que se mueve lentamente hacia el Este en el transcurso de los días. En esta oportunidad, el anticiclón postfrontal responsable del descenso de temperatura, ingresa al continente por latitudes algo más bajas que la que mostraron los modelos anteriores.

La relación entre los tres modelos predominantes de circulación asociados a **Descensos Intensos Significativos de Temperatura media diaria (DIST)** y la cantidad de días

con **DIST** en la Ciudad de Buenos Aires mostró una importante variabilidad durante el período 1979/1993. Se identificaron años en los cuales hay días con **DIST** que no se hallan asociados con ninguno de los tres modelos de importancia relacionados con estos eventos, y otros que pudieron ser representados, en su mayoría, por algunos de estos tres modelos patrones. Es decir que para algunos años las situaciones meteorológicas que provocan **DIST** en Buenos Aires no son de las más frecuentes sino que pueden asociarse con otros modelos de circulación de menor importancia o bien ser la resultante de la combinación de varios modelos.

Por último, el estudio de las situaciones meteorológicas asociadas a grandes incrementos en el consumo de gas natural de tipo residencial en la Ciudad de Buenos Aires identificó dos patrones de circulación en superficie de similar configuración con los obtenidos en el análisis de los campos de circulación asociados a los **DIST**. Esto muestra que las irrupciones de aire frío en el centro de Argentina están identificadas con patrones de circulación bien definidos, aún cuando los criterios utilizados para su detección son diferentes.

REFERENCIAS

Alessandro A. P. y E. R. Lichtenstein, 1996: “Anomalías persistentes de la circulación atmosférica durante la sequía del invierno de 1995”. Anales del Séptimo Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología, Septiembre de 1996.

Alessandro A. P., 1998: “Contribuciones al estudio de la Climatología Sióptica en la Argentina”. Tesis Doctoral.

Berbery, E. H. and M. N. Nuñez, 1989: “An observational and Numerical Study of Blocking Episodes near South America”. Journal of Climate. Vol. 2, 1352 – 1361.

Berbery, E. H. and J. Nogués – Paegle, 1989: “Air mass trajectories near blocking episodes in South America”. Anales del Third International Conference on Southern Hemisphere Meteorology an Oceanography, Buenos Aires, Noviembre 13 – 17 de 1989.

Berbery, E. H. y L. Alfaro Lozano, 1991: “Características regionales de alturas persistentes en los Océanos Atlántico y Pacífico sur”. Anales del Sexto Congreso Argentino de Meteorología, Septiembre de 1991.

Bertolotti, M., G. Escobar y R. Bejarán, 2001: “Anomalías de temperatura en la región central de Argentina durante Julio de 2000 y su relación con el consumo de gas natural en la Ciudad de Buenos Aires”. VIII Congreso Argentino de Meteorología y IX Congreso Latinoamericano e Ibérico de meteorología. Mayo 2001.

Bischoff, S y A. Coronel, 1989: "Características estadísticas de las masas de aire en la tropósfera de la región húmeda Argentina". Geoacta, Vol 16 N°2 207-219.

Blasing, T. J., 1975: "A comparison of map – pattern correlation and principal component eigenvector methods for analyzing climatic anomaly patterns". Preprints, Fourth Conf. of Probability and Statistics in Atmospheric Sciences, Amer. Meteor. Soc., 96-101.

Bosart, L. F., A. R. Lupo, D. J. Knight, E. G. Hoffman, and J. J. Nocera, 1998: "Cyclonic and anticyclonic South America cold surges". Preprints, Eighth Conf. on Mountain Meteorology, Flagstaff, AZ, Amer. Meteor. Soc., 10.2-10.3

Brooks, R and B. Carruthers, 1953: "Handbook of Statistical Methods in Meteorology", Her Majesty's Stationery Office, London.

Cattell, R., 1978: "The scientific use of factor analysis: in Behavioral and Life Sciences". Plenum Press. New York and London.

Cerne, S. B. y M. M. Rusticucci, 1997: "Estudio de la situación sinóptica asociada con la ola de frío extrema de febrero de 1996". Meteorologica, Volumen 22, Número 3, 5 – 17.

Compagnucci, R. and W. M. Vargas, 1986: "Patterns of surface pressure field during July 1972 – 1983 in Southern South America and the Antarctic Peninsula". Third International Conference on Statistical Climatology, June 23 – 27, Viena, Austria.

Compagnucci, R. and M. A. Salles, 1997: "Surface pressure patterns during the year over southern South America". *Int. J. Of Climatol.*, 17, 635-653.

Compagnucci, R., Araneo, D. and P. Canziani, 2001: "Principal sequence pattern analysis: A new approach to classifying the evolution of atmospheric systems". *Int. Journal. Clim.*, 21: 197-217.

Dole, R. M. and N. D. Gordon, 1983: "Persistent anomalies of the extratropical Northern Hemisphere Wintertime Circulation: Geographical distribution and regional persistence characteristics". *Mon. Wea. Rew.* Vol 111 Agosto 1983 (1567-1586).

Dole, R. M., 1986: " Persistent anomalies of the extratropical Northern Hemisphere Wintertime Circulation: Structure". *Mon. Wea. Rew.* Vol 114 Enero 1986.

Dole, R. M., 1989: " Life Cycles of persistent anomalies. Part 1: Evolution of 500 mb height fields". *Mon. Wea. Rew.* Vol 117 Enero 1989.

Elliot, R. and T. Smith, 1949: "A study of the effects of large blocking highs on the general circulation in the northern hemisphere westerlies". *J. METEOR*, Vol. 6, N°2, págs.

Escobar, G., Compagnucci, R. y S. Bischoff, 1996: "Clasificación objetiva de situaciones sinópticas de Septiembre en relación con la ocurrencia de heladas en Neuquén". *Anales del Séptimo Congreso Argentino de Meteorología y Séptimo Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología.* Septiembre 1996.

Escobar, G., Bischoff, S. y R. Compagnucci, 1998: “Anomalías de circulación en el cono sur de Sudamérica asociadas con fuertes descensos de temperatura en la Ciudad de Buenos Aires”. Anales del X Congreso Brasileiro de Meteorologia y VIII Congreso de la FLISMET. Brasilia, Brasil. 26/30 de Octubre de 1998.

Escobar, G. and S. Bischoff, 1999: “Meteorological situations associated with significant temperature falls in Buenos Aires: an application to the daily consumption of residential natural gas”. Meteorol. Appl., 6, 253-260.

Fortune, M. and V. Kousky, 1983: “Two severe freezes in Brasil: Precursors and Synoptic Evolution”. Mon. Wea. Rew, 111, 181-196.

Gan, M. A. and V. B. Rao, 1991: “Surface Cyclogenesis over South America”. Mon. Wea. Rew, 119, 1293-1302.

Gan, M. A. and V. B. Rao, 1994: “The influence of the Andes Cordillera on transient disturbances”. Mon. Wea. Rew., 122, 1141-1157.

Gil, S., 1999: “Modelo de predicción de Consumo de gas natural en la República Argentina”. Petrotecnia XL, N°3, Sup. Tech. 1,1 – Junio (1999).

Garreaud, R., 1994: “Configuraciones atmosféricas regionales durante grandes tormentas pluviales en Chile Central”. Meteorologica. Volumen 19, Números 1 y 2, 73 – 81.

Garreaud, R., 1998: “Cold air incursions in to low latitudes: Global perspective and regional analysis over South America”. Tesis Doctoral. University of Washington.

Garreaud, R., 1999: “Cold air incursions over Subtropical and Tropical South America: A Numerical Case Study”. Mon. Wea. Rew, 127, 2823-2853.

Garreaud, R., 2000: “Cold air incursions over Subtropical South America: Mean structure and dynamics. Mon. Wea. Rew, 128, 2544-2559.

Grandoso, H. and J. E. Nuñez, 1955: “Análisis de una situación de bloqueo en la parte austral de América del Sur”. Meteoros, 5, 35 – 54.

Green, P. E. and Carol, 1978: “Analysing Multivariate Data”. The Dryden Press. Illinois, U.S.A.

Hamilton, M. G., and J. R. Tarifa, 1978: “Synoptic aspects of a polar outbreak leading to frost in tropical Brazil”. July 1992. Mon. Wea. Rew., 106, 1545-1556.

Harman, H., 1976: “Modern Factor Analysis”. The University of Chicago Press Chicago, IL.

Hesling N. A., 1923: “Ciclones y anticiclones en la República Argentina”. Boletín mensual de la Oficina Meteorológica, Año VII, 76-86.

Hoffmann, J. A. J., 1971: “Frentes, masas de aire y precipitaciones en el Norte Argentino. Meteorologica, Vol II, Nos 1, 2, 3, 130-149.

Jenkins, J. M. and D. G. Watts, 1969: "Spectral Analysis and its applications. Hoden-day series in time series analysis, 2 edicion, San Francisco, Cambridge, London, Amsterdam.

Jones, R. H., 1964: "Spectral analysis and linear prediction of meteorological time series". J. of Appl. Met., Vol 3, 45-52.

Kalkstein, L. S. and P. Corrigan, 1986: "A synoptic climatological approach for geographical analysis: Assesment of suxful dioxide concentrations". Ann. Assoc. Amer. Geogr., 76, 381-395.

Kidson, J. W., 1999: "An analysis of New Zealand synoptic types and their usu in deining weather regimes". Int. J. Climatol, 20, 299 – 316.

Knight, J. D. and L. F. Bosart, 1998: "A modeling study of South America cold air damming and frontogenesis east of the Andes". Preprints, 8th Conference on montain Meteorology, Flagstaff, AZ., Amer. Meteor. Soc., 103-104.

Krishnamurty, T., M. Tewari and D. Chakraborty, 1999: "Downstream Amplification: A Posible Precursor to Mayor Freeze Events over Southeastern Brazil". Wea. And Forecasting, 14, 242-271.

Lichtenstein, E. R. and M. L. Schwarzkopf, 1970a: "Aspectos estadísticos de las líneas de inestabilidad en la Argentina". Meteorologica, Vol 1, N°1, 3-12.

Lichtenstein, E. R. and M. L. Schwarzkopf, 1970b: "Condiciones meteorológicas asociadas a la ocurrencia de líneas de inestabilidad". Meteorologica, Vol 1, N°2, 79-89.

Lichtenstein, E. R., 1980: “La depresión del Noroeste Argentino”. Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires.

Lichtenstein, E. R., 1989: “Some influences of the Andes cordillera on the synoptic-scale circulation”. Extended Abstract. Third In. Conf. on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography, Buenos Aires, Argentina, Amer. Meteor. Soc., 190-191.

Lima, L., Ermida, C. E Prakki Satyamurty, 1991: “Um estudo observacional da formacao e trayectorias de anticiclones extratropicais na América so Sul”. Tese de Mestrado – INPE 5387-TDI/476, S. José dos Campos, dezembro de 1991.

Lund, I. A., 1963: “Map – pattern classification by statistical methods”. J. Appl. Meteor., 2, 56-65.

Malaka, I. A. C. Y S. Nuñez, 1980: “Aspectos sinópticos de la sequía que afectó a la República Argentina en el año 1962”. Geoacta, 10, Número 2, 1 - 21.

Marengo, J., Cornejo, A., Satyamurty, P. and C. Nobre, 1997: “Cold surges in tropical and extratropical South America: The Strong Event in June 1994”. Mon. Wea. Rew, 125, 2759-2786.

McKendry, I. G., 1993: “Synoptic circulation and Summertime Ground – Level Ozone Concentrations at Vancouver, British Columbia”. J. of Appl. Meteor. Volume 33. 627 – 638.

Minetti, Juan L., 1990: "Singularidades climáticas en series de temperatura del Noroeste Argentino". Tesis Doctoral.

Mo, K. C., Pfaendtner, J. and E. Kalnay, 1987: "A GCM Study on the maintenance of the June 1982 Blocking in the Southern Hemisphere". Journal of Atmos. Sci, vol 44, 1123 – 1142.

Necco, G. V., 1982a: "Comportamientos de vórtices ciclónicos en el área sudamericana durante el FGGE: ciclogénesis". Meteorologica, Vol XIII, N°1.

Necco, G. V., 1982b: "Comportamientos de vórtices ciclónicos en el área sudamericana durante el FGGE: trayectorias y desarrollos.". Meteorologica, Vol XIII, N°1.

NOAA-CIRES Climate Diagnostics Center, Boulder, Colorado, USA. Images provided from their Web site at: <http://www.cdc.noaa.gov/>.

Nocera, J., Bosart, L. and D. Knight, 2000: "A Climatology and Compositing Study of Cold Surges in South America". Sixth International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography. 3-7 April 2000, Santiago, Chile, 378-379.

O.M.M, 1966: "Nota técnica N°79. Climatic Change".

Oliveira A. S., 1986: "Interacoes entre sistemas frontais na América do Sul e a conveccao da Amazonia (Interactions between the South American frontal systems and the Amazonian convection)". INPE-4008-TDL/239, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 115 pp.

(Available from the library of the Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Sao José dos Campos, SP, Brazil.)

Otnes, R. K. and L. Enochson, 1972: "Digital Time Series Analysis". University Software Systems. John Wiley & Sons, New York, London, Sydney, Toronto.

Otnes, R. K. and L. Enochson, 1978: "Applied Time Series Analysis". Volume 1. Basic Techniques. John Wiley & Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto.

Parmenter, F. C., 1976: "A Southern Hemisphere cold front passage at the equator". Bull. Amer. Meteor. Soc., 57, 1435-1440.

Pezza, A. B. e T. Ambrizzi, 2001: "Propagacao de ondas de frio na America do Sul e as trayectorias dos ciclones e anticiclones extratropicais: um estudo climatológico". VIII Congreso Argentino de Meteorología y IX Congreso Latinoamericano e Ibérico de meteorología. Mayo 2001.

Pizarro, J. G. and A. Montecinos, 2000: "Cutoff Cyclones off the Subtropical Coast of Chile". Sixth International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography. 3-7 April, 2000, Santiago, Chile, 278 - 279.

Reap, R. M., 1993: "Analysis and prediction of lightning strike distributions associated with synoptic map types over Florida". Mon. Wea. Rev. Vol. 122. 1698 – 1715.

Richman, M., 1986: "Rotation of Principal Components". J.of Climatology, 6, 293-335.

Richman, M., J. R. Angel and X. Gong, 1992: "Determination of Dimensionality in Eigenanalysis". Fifth International Meeting on Statistical Climatology. 22-26 June 1992, Toronto, Canadá.

Rivero, O. A. y S. A. Bischoff, 1971: "Ciclogénesis, movimiento y distribución de depresiones en los océanos Atlántico y Pacífico Sur durante el período Abril 1967 Marzo 1968". Meteorologica, Vol 2, 476-523.

Rusticucci, M. and W. Vargas, 1995: "Synoptic situations related to spells of extreme temperatures over Argentina". Meteorol. Appl., 2, 291-300.

Rutlant, J. y H. Fuenzalida, 1987: "Bloqueo atmosférico en el cono sur de América conducente a un episodio de contaminación atmosférica en Santiago de Chile". Anales del II Congreso Interamericano de Meteorología y V Congreso Argentino de Meteorología. 30 de Noviembre – 4 de Diciembre de 1987.

Salles M. A. y R. H. Compagnucci, 1997: "Características de la circulación de superficie durante el periodo diciembre de 191 – febrero de 1974 y sus relaciones con las anomalías ENOS en el sur de Sudamérica". Meteorologica, Volumen 22, Número 1, 35 – 48.

Schwerdtfeger, W., 1952: "El problema de la predicción del tiempo". Ediciones Librería del Colegio, Buenos Aires.

Scian, B., 1970: "Situación sinóptica asociada a las temperaturas extremas observadas en junio de 1967". Meteorológica, Vol 1, N°1, 22 -37.

Seluchi, M.E., Serafini, Y. V. and H. Le treut, 1998: "The impact of The Andes on Transient Atmospheric Systems: A Comparison between Observations and GCM Results". Mon. Wea. Rew., 126, 4, 895-912.

Sinclair, M., 1996: "A Climatology of Anticyclones and Blocking for Southern Hemisphere". Mon. Wea. Rew., 124, 245-263.

Trenberth, K. E and K. C. MO, 1985: "Blocking in the Southern Hemisphere". Mon. Wea. Rew. Vol 113, 3-21.

Van den Berg, W. D., 1994: "The role of various weather parameters and the use of worst-case forecasts in prediction of gas sales". Meteorol. Appl., 1, 33-37,

Vera, C. S. and P. K. Vigliarolo, 2000: "A Diagnostic Study of Cold-Air Outbreaks over South America". Mon. Wea. Rew. 120. 3-24.

Vera, C. S., P. Vigliarolo and H. Berbery, 2001: "Cold season synoptic scale waves over subtropical South America". Aceptado para ser publicado en Mon. Wea. Rew. Septiembre de 2001.

Wiener, N., 1949: "Extrapolation, Interpolation, and Smoothing of Stationary Time Series. Cambridge, Mass.: MIT Press.

Wolken, K., 1954: “Algunos aspectos sinópticos de la lluvia en la Argentina”. *Meteoros*, Vol IV, 327-366.

Wolter, K. and M. S. Timlin, 1998: “Measuring the strenght of ENSO events: How does 1997/98 rank?”. *Weather*, Vol 53, N°9.

Yarnal, B., 1984a: “The effect of weather map scale on the results of a synoptic climatology”. *J. Climatol.*, 5, 481-494.

Yarnal, B., 1984b: “Synoptic – scale atmospheric circulation over British Columbia in relation to the mass balance of Sentinel Glacier”. *Ann. Assoc. Amer. Geogr.*, 74, 375 – 392.